

Treball de Fi de Grau

Grau en Enginyeria de les Tecnologies Industrials

Avaluació del funcionament d'un sistema fotovoltaic aïllat a l'ETSEIB

MEMÒRIA

Autor: Pol Sanchez Massaneda
Director: Francesc Girbau i Llistuella
Ponent: Roberto Villafáfila Robles
Convocatòria: Gener 2019



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



Resum

L'objectiu d'aquest projecte és avaluar el funcionament i l'estat actual de la instal·lació fotovoltaica aïllada (no connectada a la xarxa) que hi ha a l'ETSEIB i que s'encarrega d'alimentar els endolls d'una sala d'estudi de la biblioteca. Tanmateix, per tal de poder realitzar aquesta tasca amb èxit ha sigut imprescindible un estudi previ de la tecnologia fotovoltaica i de la monitorització i anàlisi de dades.

En primer lloc s'ha estudiat les particularitats que diferencien les instal·lacions aïllades de la resta d'instal·lacions, s'ha descrit el seu principi de funcionament i s'han estudiat les característiques principals i el funcionament dels elements que les conformen i com es relacionen entre si.

A continuació, s'ha estudiat el concepte de monitorització i quin són els seus principals avantatges, s'ha introduït el concepte SCADA i se n'ha explicat el principi de funcionament així com els elements que el formen i les funcions que pot dur a terme.

Seguidament s'ha definit el concepte d'anàlisi de dades i se n'ha descrit el procediment i les etapes principals. També s'han explicat i exemplificat els principals tipus d'anàlisi que existeixen i s'han estudiat de forma comparativa els programes d'anàlisi de dades que estan més a l'abast en l'àmbit universitari.

Finalitzada la contextualització teòrica, s'ha explicat de forma detallada quins elements conformen la instal·lació de l'ETSEIB i com estan connectats així com els principals dispositius d'adquisició i monitorització de les dades instal·lats en el sistema. A continuació s'han analitzat els paràmetres rellevants de la instal·lació i s'ha descrit el sistema SCADA que hi ha instal·lat actualment.

Tot seguit, s'ha descrit el l'aspecte i el funcionament del servidor web d'on s'han obtingut les dades i el procediment que s'ha dut a terme per a aconseguir-ho així com el tractament que han rebut posteriorment per poder ser aptes per a ser analitzades.

Finalment, s'han estudiat exhaustivament les variables més importants dels panells fotovoltaics, la bateria i les línies de consum i s'ha analitzat el comportament i les particularitats de cadascun d'aquests elements durant el 2018.

Sumari

SUMARI	5
1. GLOSSARI	7
2. PREFACI	9
2.1. Origen i motivació del projecte	9
3. INTRODUCCIÓ	11
3.1. Objectius del projecte	11
3.2. Abast del projecte	12
4. ESTAT DE L'ART DE L'ENERGIA FOTOVOLTAICA	13
4.1. Principi de funcionament, característiques i elements d'una instal·lació aïllada	14
4.1.1. Panells fotovoltaics.....	16
4.1.2. Regulador de càrrega	18
4.1.3. Inversor	19
4.1.4. Bateria.....	19
4.1.5. Altres elements	20
5. ESTAT DE L'ART DE LA MONITORITZACIÓ	22
5.1. Definició i importància de la monitorització.....	22
5.2. Software SCADA.....	23
5.2.1. Definició	23
5.2.2. Tipus de sistemes SCADA	23
5.2.3. Estructura client-servidor	23
5.2.4. Elements d'un sistema SCADA	24
5.2.5. Principi de funcionament.....	25
5.2.6. Funcions principals d'un SCADA.....	27
5.3. Sistemes DCS	28
6. ESTAT DE L'ART DE L'ANÀLISI DE DADES	30
6.1. Definició i importància de l'anàlisi de dades	30
6.2. Tipus d'anàlisi de dades	31
6.3. Principals programes d'anàlisi i tractament de dades.....	33
7. CAS PARTICULAR: AVALUACIÓ DEL FUNCIONAMENT DEL SISTEMA FOTOVOLTAIC AÏLLAT DE L'ETSEIB	35
7.1. Descripció de la instal·lació fotovoltaica aïllada	35

7.2.	Dispositius d'adquisició i monitorització de dades de la instal·lació	38
7.2.1.	CVM-1D.....	38
7.2.2.	CirPower Hybrid 4K- 48	39
7.2.3.	EDS	41
7.3.	Paràmetres rellevants del sistema	42
7.3.1.	Panells Fotovoltaics	42
7.3.2.	Bateries	44
7.3.3.	Càrrega.....	44
7.4.	Software PowerStudio SCADA	45
7.4.1.	Projecte de creació de pantalles	46
8.	RESULTATS FINALS	49
8.1.	Problemàtica inicial	49
8.2.	Obtenció de les dades i descripció de la interfície	50
8.3.	Tractament de les dades	58
8.4.	Anàlisi del funcionament de la instal·lació aïllada	61
8.4.1.	Panells fotovoltaics (PV).....	61
8.4.2.	Bateria	70
8.4.3.	Consum de les línies.....	81
9.	PRESSUPOST	89
	CONCLUSIONS	91
	AGRAÏMENTS	93
	BIBLIOGRAFIA	95
	Referències bibliogràfiques	95
	Bibliografia complementària	98
	ANNEX A	100
	ANNEX B	111

1. Glossari

- **Calcogenur:** És un compost químic que conté un anió format per un element calcogen i un element metàl·lic de caràcter electropositiu.
- **Contactor:** Element electromecànic que permet conduir o interrompre el corrent elèctric d'una càrrega i que pot ser accionat a distància.
- **Dashboard:** És una representació gràfica dels principals indicadors (KPIs) que intervenen en el compliment dels objectius d'un negoci o projecte.
- **Interruptor diferencial:** És un dispositiu electromecànic que s'instal·la en les instal·lacions elèctriques que treballen amb corrent altern i que té com a objectiu protegir a les persones contra possibles accidents provocats pel contacte directe amb parts actives de la instal·lació.
- **Interruptor magnetotèrmic:** És un dispositiu la funció del qual és interrompre el corrent elèctric del circuit quan aquest sobrepassa uns valors màxims fixats.
- **Sulfuració:** És un procés químic pel qual augmenta la mida dels cristalls de sulfur de plom (recristal·lització) quan una bateria d'àcid plom roman descarregada massa temps i que dificulta el procés de càrrega.
- **Raw data:** Fa referència a tota aquella dada que no ha estat processada encara.

2. Prefaci

2.1. Origen i motivació del projecte

En un panorama en el que la demanda energètica es cada any més gran i en el que s'està prenent consciència de les limitacions dels combustibles fòssils, el consum d'energia renovable, com ara l'energia solar o l'energia eòlica, està incrementant exponencialment.

La situació i la geografia d'Espanya la fan idònia per la producció d'aquest tipus d'energia, especialment per la generació d'energia eòlica, hidroelèctrica i solar.

Durant la primera mitat del 2018 el 45,8% de l'energia produïda en la Península Ibèrica ha sigut generada per una font d'energia renovable, una xifra 8,5 punts superior a la de l'any 2017 i que ha tingut una tendència creixent pràcticament cada any des de fa 10 anys.[1]

En el cas de l'energia solar, tot i que Espanya es un dels països d'Europa amb mes hores de sol al any, el fet que estigui per darrera de l'energia eòlica o la hidroelèctrica en la cua de generació és degut a que , per entrar a la xarxa, ha de passar per estrictes controls, permisos del govern i autoritzacions de les companyies elèctriques.[2]

Des d'Europa s'ha pres molta consciència també de la necessitat d'invertir en fonts de energia renovable. Els diferents governs i institucions ja han posat en marxa tota mena d'iniciatives i mesures per reduir el consum de combustibles fòssils. Un dels més destacats és el programa Horitzó 2020 que compta amb un pressupost 76.880 milions d'euros i que consisteix en l'acompliment de set grans objectius [3]:

- Reducció del consum energètic i de la petjada de carboni.
- Subministrament elèctric de baix cost i baix consum de carboni.
- Descobriment i investigació per torbar combustibles alternatius i fonts d'energia mòbil.
- Creació d'una xarxa elèctrica europea única i intel·ligent.
- Desenvolupament de nous coneixements i tecnologies.
- Presa de decisions sòlides i compromís públic.
- Aprofitament del mercat de l'energia i la innovació TIC.

3. Introducció

3.1. Objectius del projecte

L'objectiu principal d'aquest projecte és el d'avaluar el funcionament de la instal·lació fotovoltaica aïllada i autònoma que alimenta els 66 endolls de la sala d'estudi de l'ETSEIB analitzant l'evolució d'alguns dels seus paràmetres. Aquest procés es durà a terme utilitzant el software PowerStudio SCADA, implementat anteriorment per controlar i monitoritzar algunes de les variables més significatives del sistema, per extraure les dades que després seran tractades de forma personalitzada en un programa d'anàlisi de dades.

Així doncs, per tal d'assolir aquest objectiu, s'haurà de:

- Estudiar l'estat de l'art de l'energia fotovoltaica. S'estudiarà el principi pel qual funciona aquesta tecnologia, els tipus de sistemes que existeixen, els sistemes aïllats mes comuns i els elements que els conformen.
- Estudiar l'estat de l'art de la monitorització. S'estudiarà el principi de funcionament de la comunicació entre elements d'un sistema, les característiques i elements més rellevants d'un sistema SCADA.
- Estudiar l'estat de l'art de l'anàlisi de dades i avaluació del sistema. S'estudiaran els principis en els que es sustenten aquestes ciències, els mètodes d'adquisició de dades, la naturalesa i el format d'aquestes, els mètodes existents per analitzar-les o el programari que s'utilitzarà per fer-ho.
- Estudiar, en concret, el sistema aïllat instal·lat a l'ETSEIB, els elements i connexions que el formen i com interactuen entre si. Es determinaran quins seran els paràmetres rellevants de la instal·lació, els dispositius d'adquisició de dades i com s'obtenen i el software SCADA que hi ha implementat actualment.
- Analitzar els resultats finals segons el criteri d'avaluació triat i extrapolar-ne unes conclusions, identificar patrons i anomalies, comprovar si es compleixen les hipòtesis formulades prèviament i en última instància redimensionar, si cal, el sistema. Les dades tractades serviran com a punt de partida per els propers estudis de la instal·lació.

3.2. Abast del projecte

El projecte que es presenta en aquesta memòria és el següent capítol d'un projecte més gran que n'engloba dos més. El primer projecte va permetre l'electrificació dels espais d'estudi de la biblioteca a partir d'energia solar fent possible la càrrega de portàtils i tauletes en els 66 endolls de la biblioteca de l'ETSEIB [4]. La instal·lació solar fotovoltaica aïllada funciona des de mitjans de 2017 i esta formada per un conjunt de components de la marca Circutor que consisteix en un gestor energètic, tres analitzadors de xarxa i un inversor híbrid que fa a la vegada de inversor i de regulador.

A mitjans del 2018, el segon projecte va permetre, a partir dels elements esmentats anteriorment i el software PowerStudio SCADA (també de la marca Circutor), realitzar un conjunt de pàgines web on es mostra informació a temps real de certs paràmetres del sistema així com controlar-lo. A més a més aquest lloc web és també un punt de recoll·lecció d'informació rellevant dels diferents elements connectats [5].

Així doncs, amb aquest projecte es pretén descarregar la informació més rellevant del sistema i tractar-la de forma personalitzada en un programa extern d'anàlisi de dades. A partir d'aquestes històric de dades es pretén fer una avaluació del funcionament actual del sistema i comprovar si les hipòtesis fetes anteriorment són correctes.

4. Estat de l'art de l'energia fotovoltaica

Coneixem com energia solar fotovoltaica aquella que s'obté per una transformació directa de la radiació solar en electricitat mitjançant uns dispositius anomenats panells solars o fotovoltaics [6]. Aquests panells o mòduls estan formats per cèl·lules fotovoltaïques que són les encarregades de transformar la radiació solar en corrent continu. Aquesta transformació es produeix quan la radiació solar excita els electrons del material semiconductor de la cel·la provocant una petita diferència de potencial.

Així doncs entem com a instal·lació solar fotovoltaica el conjunt d'elements que fan possible aquesta transformació energètica. Segons la seva funcionalitat i estructura podem classificar les instal·lacions fotovoltaïques en tres grans grups: **Aïllades**, **Connectades a la xarxa** i **Híbrides** [7].

Com que la instal·lació en la que es basa aquest projecte es aïllada s'explicaran de manera més global els dos altres tipus i de manera més extensa el cas de tecnologia en la que es basa la instal·lació.

Instal·lacions connectades a la xarxa

Són aquelles en les que la energia generada per la instal·lació es subministra totalment a la xarxa, com si es tractés d'una central elèctrica i per tant l'objectiu final de la instal·lació és el de rebre una compensació econòmica. Com que el corrent elèctric produït pels panells es continu, serà molt important en aquest tipus d'instal·lacions l'inversor per tal de garantir que el corrent subministrat a la xarxa sigui altern i amb la freqüència adequada per no provocar alteracions. Aquest tipus d'instal·lacions solen comptar amb un generador fotovoltaic (normalment són els panells), un inversor, un parell de comptadors (o més) situats entre l'inversor i la xarxa per tal de comptabilitzar la energia produïda i subministrada a la xarxa i el consum de l'inversor, l'estació de transformació i les connexions pertinents. Les potències més freqüents són de 2,5 i 5 kW o múltiples de 5 fins a 100 kW, existeixen instal·lacions monofàsiques o trifàsiques i d'alta tensió o de baixa tensió [8].

Instal·lacions híbrides

Son aquelles en que es combina la generació d'energia solar amb altres fonts d'energia auxiliar [9] com podrien ser motors dièsel, aerogeneradors o altres fonts d'energia renovable com la hidroelèctrica o la eòlica. D'aquesta manera si en algun moment no hi ha irradiació solar i les bateries es queden sense capacitat el sistema seguiria sent capaç de subministrar l'energia necessària fent la instal·lació més fiable.

Instal·lacions aïllades

Son aquelles l'objectiu de les quals és aconseguir una total autonomia energètica i per tant no estan connectats a la xarxa. Se solen instal·lar en regions aïllades on la possibilitat de connectar-se a la xarxa és difícil o impossible i, per tant, les dimensions i la potència que son capaces de generar solen ser considerablement menors. Aquest tipus de sistema s'utilitza molt sovint per proveir energia a instal·lacions rurals, il·luminar àrees sense connexió, per dispositius destinats a les telecomunicacions com ara balises i boies de senyalització i cada cop més per sistemes de bombeig d'aigua. En molts d'aquests casos, encara que la inversió inicial sigui considerablement elevada, resulta econòmicament més viable. Les instal·lacions aïllades poden estar centralitzades, si es té una instal·lació que cobreix les necessitats de un conjunt d'usuaris permetent-los estalviar en costos de manteniment, o poden ser descentralitzades, si cada usuari té el seu propi sistema i és capaç de gestionar-lo assumint el cost de manteniment que això implica.

4.1. Principi de funcionament, característiques i elements d'una instal·lació aïllada

Per parlar de les característiques de les característiques d'una instal·lació fotovoltaica és necessari parlar abans del seu dimensionament. Per dimensionar una instal·lació els dos grans paràmetres que es tenen més en compte són el consum que es voldrà cobrir amb aquesta, el tipus de consum (corrent altern, corrent continu o ambdues), la freqüència d'ús o la irradiació que rebrà tenint en compte la localització i el clima [10]. A partir d'aquests dos, i fent els càlculs pertinents, es definiran la potència instal·lada i la

capacitat d'acumulació que dotaran al sistema de la autonomia necessària.

Els element que conformen la majoria d'instal·lacions fotovoltaïques aïllades són els panells solars, el regulador de càrrega, les bateries i altres elements auxiliars com el cablejat i elements protectors. El fet que tant el corrent generat per les plaques com el emmagatzemat a les bateries sigui continu fa que molts sistemes incorporin un inversor de corrent per tal de poder alimentar certs consums que ho requereixen.

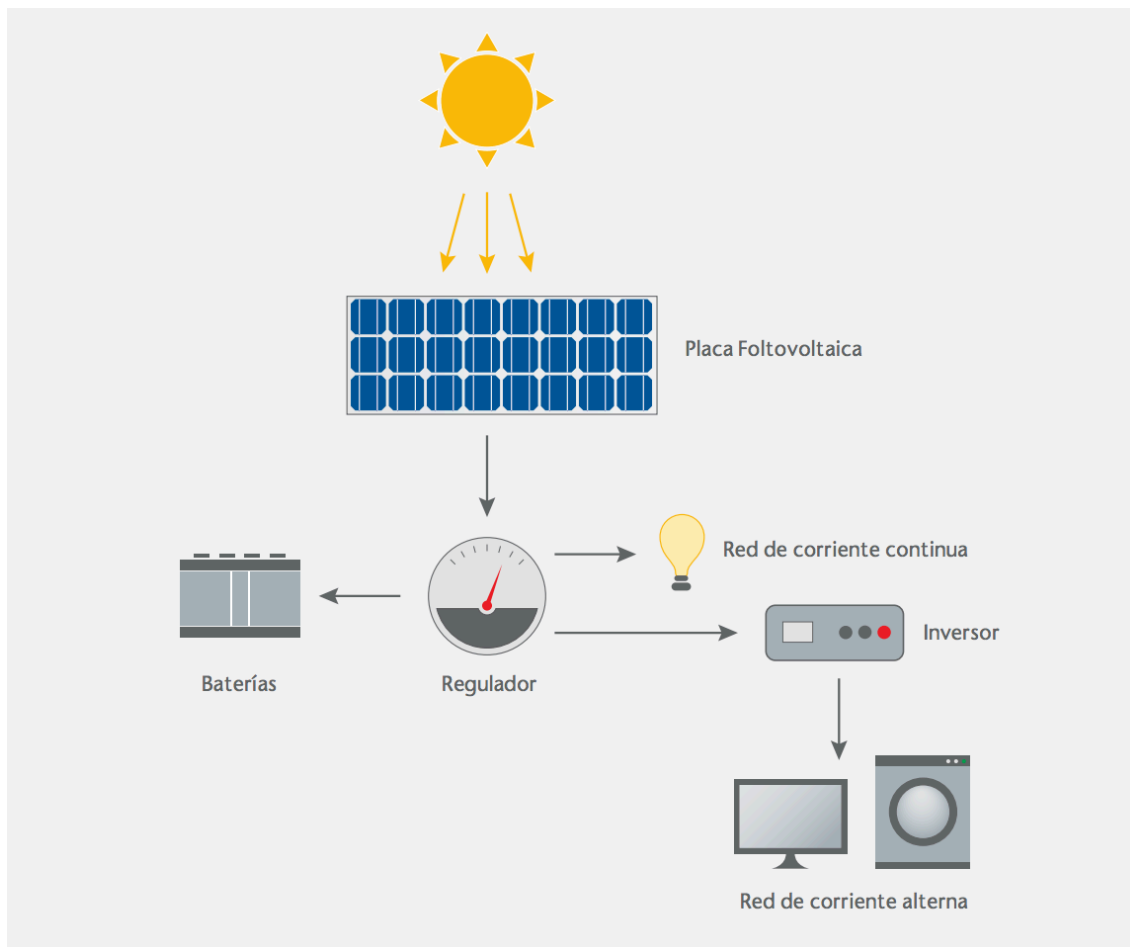
Un cop introduïts els principals elements de la instal·lació es pot fer una explicació, a grans trets, de com funciona aquesta tecnologia. La radiació solar és captada per les cèl·lules fotovoltaïques que formen els mòduls i transformada en corrent continu que es conduït fins al regulador de càrrega. Aquest dispositiu, tal i com indica el seu nom, s'encarrega de regular la càrrega que arriba dels panells solars i que s'envia a la càrrega o s'emmagatzema a les bateries per ser utilitzada posteriorment, evitant les càrregues i descàrregues excessives d'aquestes últimes per tal de protegir la seva vida útil.

Així, si la generació és suficient per cobrir tota la demanda, es condueix en la seva totalitat a la càrrega; si la generació és superior a la demanda, s'utilitza l'excedent per alimentar la bateria; i si la generació resulta insuficient per cobrir la demanda, s'utilitzarà l'emmagatzemat a les bateries per suplir la diferència.

Si hi ha part de la càrrega que requereix d'una alimentació alterna, serà necessari col·locar un inversor de corrent entre el regulador i la càrrega per tal de transformar el corrent continu generat pels panells en corrent aprofitable per aquesta. És molt freqüent també, en els casos on la totalitat de la càrrega s'alimenta de corrent altern, l'ús d'inversors híbrids

Observem a la *imatge 4.1* un exemple esquemàtic del que s'ha explicat anteriorment.

4.1.1. Panells fotovoltaics



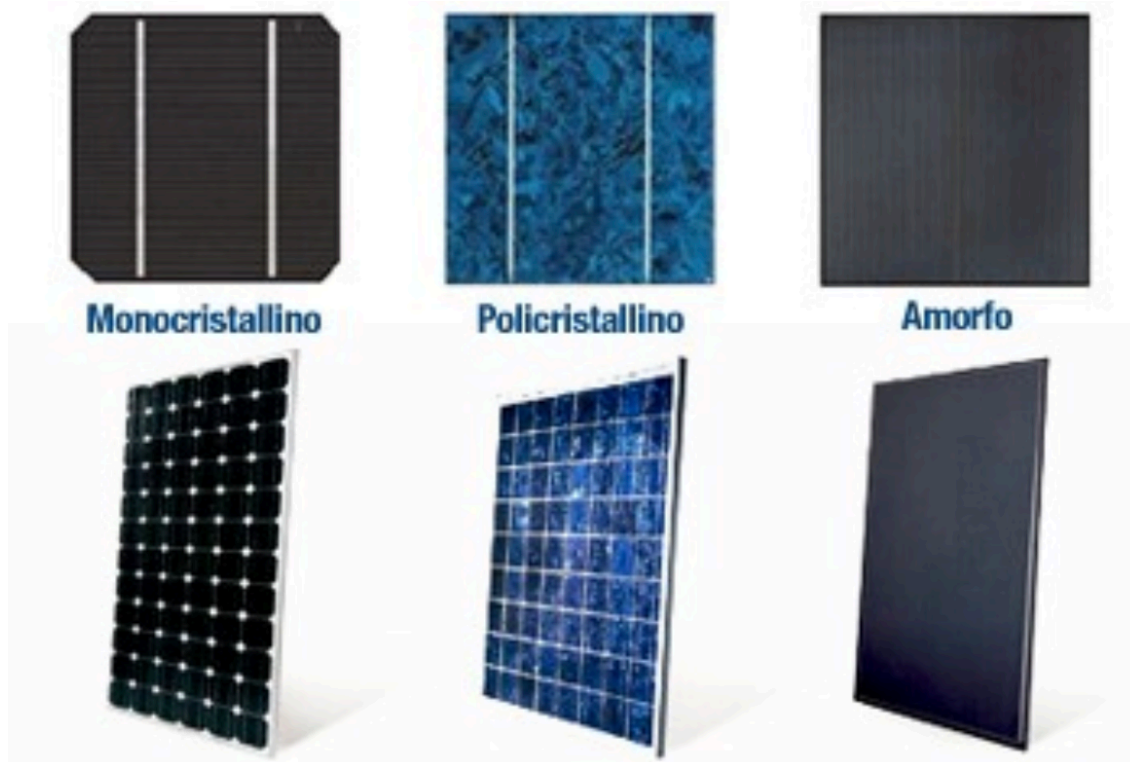
Imatge 4.1: Esquema dels elements i funcionament d'una instal·lació fotovoltaica aïllada . Imatge extreta de [11]

Els panells o mòduls fotovoltaics són un conjunt de cèl·lules fotovoltaiques interconnectades entre si i protegides del exterior que neixen de la necessitat de generar una major quantitat d'energia. Una cel·la sola és capaç de produir molt poca energia, no obstant, si es connecten un conjunt d'aquestes en sèrie es pot augmentar la tensió de sortida. Les cel·les fotovoltaiques estan fetes de materials semiconductors que permeten, tal i com el seu nom indica, transformar els fotons que rep en forma de radiació solar, en electrons lliures que al moure's generen corrent continu [11].

Dins la gran varietat de materials semiconductors que es poden utilitzar per crear cel·les fotovoltaiques, el silici és el més utilitzat. Els tipus de cel·les més freqüentment utilitzats són:

- **Cèl·lula de silici monocristal·lí:** Aquestes cèl·lules de color negre són les més eficients del mercat amb un nivell d'eficiència entre el **18% i el 21%**. No obstant, la dificultat de manipulació i fabricació i el seu elevat preu de venda fa que se'n reservi l'ús a casos més tècnics on es requereixi el màxim d'eficiència amb el mínim d'espai. S'utilitzen molt en naus i satèl·lits espacials.
- **Cèl·lula de silici policristal·lí :** Aquest tipus de cel·les és el més utilitzat del mercat i són d'un color blau fosc molt característic. Tot i tenir una eficiència d'entre el **15% i el 17%** , la facilitat de manipular-les per formar mòduls i el seu baix preu de venda en comparació al les de silici monocristal·lí fa que sigui el més escollit pels consumidors.
- **Cèl·lula de silici amorf:** Aquestes cel·les tenen un rendiment força baix, aproximadament del **8%**, degut a que tenen un espectre d'absorció inferior que fa que sigui menys eficient a l'hora de captar radiació infraroja. No obstant, aquest tipus de cel·la és molt més barata de produir i adquirir en comparació a les dues anteriors.
- **Altres:** Existeixen altres tipus menys comercialitzats com les cel·les tipus CIS (formada per capes de calcogenur) que tenen un rendiment del 15% però un cost molt elevat, les cèl·lules fotoelectroquímiques que estan dotades d'una tecnologia que vol imitar el procés de la fotosíntesi, les cèl·lules híbrides que combinen l'ús de semiconductors orgànics i inorgànics o les cel·les concentrades que experimenten amb una nova tecnologia que consisteix en incorporar unes lents que incrementin significaven el rendiment [12].

Pel que fa a l'orientació dels panells solars cal diferenciar que en les instal·lacions connectades a la xarxa se sol orientar els panells buscant la màxima producció de energia anual mentre que en les instal·lacions aïllades se sol orientar els panells de forma que garanteixin que la producció energètica sigui màxima en els mesos de l'any amb menys radiació solar.



Imatge 4.2: Tipus de cèl·lules fotovoltaïques. Imatge extreta de [13]

4.1.2. Regulador de càrrega

Com ja s'ha dit anteriorment, el regulador de càrrega és el dispositiu del sistema encarregat de gestionar l'energia generada per els panells i distribuir-la a la càrrega o a la bateria segons sigui convenient. El principi de funcionament d'aquest aparell és simple: si la generació energètica és superior a la demanda el regulador envia el excedent d'energia al acumulador; si la generació és igual a la demanda ho envia tot a la càrrega; i si la generació és inferior a la demanda utilitza la energia emmagatzemada en l'acumulador per suplir la diferència.

Els dos reguladors de càrrega més utilitzats són el MPPT i el PWM. És molt recomanable utilitzar un regulador de tipus MPPT en els casos en que la tensió dels panells és molt superior a la tensió de les bateries ja que en aquesta situació aquest permet aprofitar al màxim el rendiment dels panells. No obstant, en el cas en el que la tensió dels panells és només lleugerament superior a les del banc de bateries, la diferència de rendiment entre un MPPT i un PWM és mínima sent aquest últim una opció força més econòmica [14].

4.1.3. Inversor

L'inversor de corrent o ondulador és l'element del sistema encarregat de convertir el corrent continu, generat pels panells o emmagatzemat en l'acumulador i provinent del regulador, en corrent altern apte per alimentar una càrrega d'aquest tipus. És convenient, sobretot en instal·lacions on la totalitat de la càrrega s'alimenta amb corrent altern, la utilització d'un inversor híbrid que permeti una transformació bidireccional del corrent, és a dir, de altern a continu i viceversa [15].

A més a més l'inversor haurà d'adequar-se a les càrregues i garantir sempre la seguretat del sistema i de l'usuari.

4.1.4. Bateries

Les bateries, piles o acumuladors energètics són els dispositius del sistema encarregats d'emmagatzemar energia. Quan és produeix un excedent de generació, la energia que no pot ser consumida instantàniament s'emmagatzema a les bateries per ser utilitzada quan la generació instantània no sigui capaç de suplir la demanada. Les bateries són un component molt important ja que són les que fixen la tensió de treball de tota la instal·lació [5]. Els paràmetres més importants a tenir en compte quan s'escull una bateria són la vida útil, la capacitat (en Ah), la tensió i la profunditat de descàrrega.

Generalment les bateries més utilitzades en instal·lacions fotovoltaïques són les de plom àcid ja que són molt versàtils, s'adeqüen molt bé a les necessitats dels sistemes fotovoltaïcs i són relativament econòmiques. El principi de funcionament d'aquest tipus de bateries consisteix en el flux dels electrons entre dos elèctrodes, un positiu (PbO_2) i un negatiu (plom esponjós), connectats en forma de circuit tancat creant d'aquesta manera un corrent elèctric [16]. Quan es carrega la bateria el procés químic genera àcid sulfúric que posteriorment, al descarregar-se, es dissol i forma sulfat de plom.

Les següents són algunes de les opcions d'aquest tipus de bateria que hi ha al mercat:

- **Bateries monoblock:** són bateries d'àcid obertes, és a dir, que necessiten un manteniment periòdic aproximadament cada 6 mesos que consisteix en omplir-les d'aigua destil·lada. Aquest tipus de bateria és molt econòmic però només és útil en instal·lacions senzilles amb càrregues petites[17].

- **Bateries OPZS:** És l'alternativa a les bateries monoblock en instal·lacions grans i per tant, degut al seu preu econòmic és un dels models més utilitzats en aquets casos. També són bateries d'àcid obert i per tant requereixen d'un manteniment.
- **Bateries OPZV:** Tenen unes prestacions molt semblants a les OPZS però al ser bateries d'àcid tancades no necessiten manteniment. No obstant aquesta característica fa que es perdi vida útil al cap d'uns cicles de càrrega.

No obstant cada cop és més freqüent l'ús de bateries de liti com a alternativa ja que tenen major rendiment, vida útil i densitat energètica. El procés de construcció d'aquestes bateries era car i complicat però els avenços tecnològics en el sector fan que sigui una opció cada cop més viable.

4.1.5. Altres elements

- **Estructura suport dels panells:** és molt important que els panells estiguin ven subjectes al sostre, al terra o a una estructura externa per resistir condicions meteorològiques adverses i funcionar en tot moment.
- **Cablejat i connectors:** són possiblement els elements més importants del sistema. El cablejat és l'encarregat de fer viatjar l'electricitat el corrent elèctric per tot el sistema i és per això que està fet de material conductor. També es diferenciarà entre el cablejat de corrent continu que va de les plaques a la bateria i al regulador i d'aquest a les carregues, el cablejat de corrent altern que és el que comunicarà l'inversor amb les carregues i els connectors que són els que s'encarreguen de connectar els panells entre sí. Aquests últims com que estan situats a l'exterior amb les plaques necessiten estar especialment protegits i aïllats per evitar pèrdues i accidents que puguin posar en perill el funcionament de la instal·lació.
- **Equips de mesura:** són el conjunt de dispositius encarregats de mesurar paràmetres com el consum, la generació o la temperatura del sistema. S'utilitzen molt en els sistemes connectats a la xarxa per comptabilitzar la energia fabricada o per a generar dades per realitzar estudis sobre el funcionament de la instal·lació.
- **Elements protectors:** són els elements encarregats de garantir la seguretat del sistema i dels usuaris. Els elements de tall són molt importants per la seguretat i en podem destacar l'interruptor diferencial, l'interruptor magnetotèrmic o el contactor. És essencial també comptar amb un protector de sobretensió que, com el seu nom indica és un dispositiu que protegeix el sistema de pics elevats de tensió enviant a

terra els voltatges que superin un valor llindar fixat. Finalment cal fer menció a les connexions de terra, un mètode que consisteix en unir totes les masses metàl·liques que, encara que no hagin de conduir electricitat, són sensibles de ser sotmeses a tensió. Si això succeís, aquest mètode permetria evacuar el corrent a terra evitant danys al sistema i a l'usuari. Si es té un inversor caldrà una connexió a terra per cada tipus de corrent: una per la banda de corrent altern i una per la de corrent continu.

5. Estat de l'art de la monitorització

5.1. Definició i importància de la monitorització

Un cop muntats tots els components de la instal·lació cal assegurar que aquesta funciona de la manera prevista.

Es coneix com a monitorització l'acció de visualitzar, normalment en un monitor o pantalla, una sèrie de paràmetres per tal de supervisar i controlar certs paràmetres d'un sistema. Aquesta pràctica és molt comú i es fa servir en tot tipus de sistemes com ara sistemes informàtics, processos de fabricació, proves sanitàries, sistemes de seguretat i vigilància o, com és el cas, instal·lacions fotovoltaïques.

Un sistema de monitorització és una eina que, a través d'uns dispositius de captació que permeten recopilar dades, és capaç de controlar i gestionar una instal·lació.

Són molts els avantatges que representa la implementació d'un sistema de monitorització en una instal·lació fotovoltaïca aïllada respecte els sistemes més rudimentaris instal·lats en alguns dispositius com ara els LEDs o alarmes sonores que tenen un comportament binari (2 estats: correcte, incorrecte).

La monitorització d'una instal·lació fotovoltaïca permet verificar que el sistema funciona de manera correcta i segons les pautes marcades de forma no presencial la qual cosa és molt útil ja que, com s'ha comentat anteriorment, moltes d'aquestes instal·lacions estan situades a llocs de difícil accés i per tant representa un considerable estalvi econòmic. També resulta molt útil a l'hora de detectar comportaments estranys i possibles errors del sistema ja que la constant verificació del seu funcionament permet l'aplicació de mesures preventives en lloc de correctives, fet que també representa una reducció de costos.

Estudiar el comportament del sistema envers les diferents variables, com ara la generació i el consum energètic, permet trobar patrons i, per tant, adoptar mesures per tal d'optimitzar la gestió energètica i l'autonomia de la instal·lació, dos variables crucials per la bon funcionament d'aquest tipus d'instal·lacions. A més a més, el control sobre el valor de variables com ara voltatges i corrents, garanteixen la seguretat dels diferents elements i usuaris del sistema.

Finament, estudiant i controlant paràmetres com els consum energètic en cada una de les

parts del sistema permet detectar, i consegüentment entendre i modificar, l'impacte mediambiental de cada una d'elles [18].

5.2. Software SCADA

5.2.1. Definició

SCADA és l'acrònim de *Supervisory Control And Data Acquisition* i és actualment el tipus d'aplicació més emprat per la construcció de software que permet supervisar i controlar a distància i en temps real les dades d'una instal·lació de qualsevol tipus. Aquest tipus d'aplicació permet emmagatzemar, mostrar i gestionar la informació de manera continua i fiable i té per objectiu facilitar la presa de decisions i la implementació d'estratègies de control de la instal·lació per tal d'introduir millores econòmiques, energètiques i en seguretat, tant operacional com de manteniment.

5.2.2. Tipus de sistemes SCADA

Existeixen diversos tipus de sistemes SCADA segons el fabricant i les necessitats de la instal·lació. En general es poden classificar en dos grans grups:

- **Llaç tancat:** Els sistemes de llaç tancat o realimentats funcionen de tal manera que la variable controlada és sempre comparada amb un valor de referència d'entrada amb l'objectiu de minimitzar la diferència entre els dos fins que sigui 0. Generalment és el més utilitzat ja que és molt útil per a instal·lacions amb paràmetres quantitatius com ara: posició, força temperatura, velocitat,... El control de la realimentació
- **Llaç obert:** Els sistemes de llaç obert o no realimentats són aquells en els que no es compara la variable de control amb una entrada de referència fet que fa que, per obtenir un valor concret s'hagin de ajustar els paràmetres d'entrada.

5.2.3. Estructura client-servidor

L'arquitectura més usada en intercanvi i tractament de la informació és la client-servidor ja que garanteix fer-ho de forma eficaç, segura i àgil. Aquest model de disseny de software consisteix en la repartició de tasques entre proveïdors de serveis (servidors) i demandants (clients)[19].

Els elements que la conformen són els següents:

- **Client:** és l'element que inicia el diàleg a través d'una petició d'un recurs o un servei.

- **Servidor:** rep la sol·licitud del client ,realitza la tasca encomanada per aquest i li retorna una resposta. És freqüent que un servidor sigui compartit per un grup d'usuaris.
- **Port:** un port de xarxa és una interfície entre el client i el servidor, és a dir, és on el servidor espera les sol·licituds dels clients i on els clients, un cop feta la sol·licitud, esperen resposta.

5.2.4. Elements d'un sistema SCADA

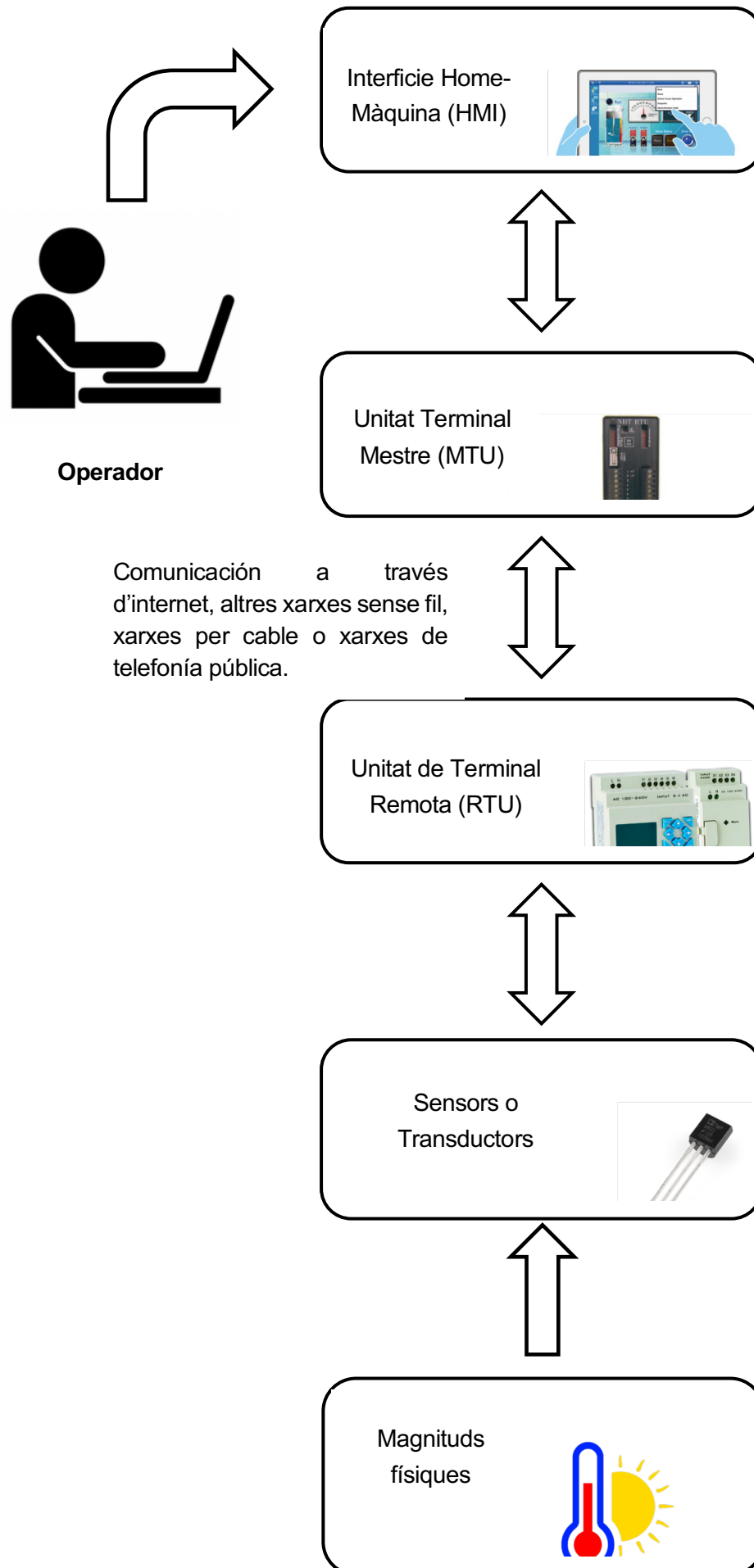
- **Operador:** També anomenat controlador, és el responsable de supervisar i controlar les funcions de la instal·lació i el sistema SCADA.
- **Interfície Home-Màquina (HMI):** És la part ergonòmica del sistema; s'encarrega de la interacció, normalment visual, entre l'operador i la planta i esta dotada de controls per que l'operador pugui connectar-se amb l'SCADA i accedir a la informació recol·lectada. Aquesta se sol presentar en format de pantalles i menús desplegable i en forma gràfiques, taules o esquemes que facilitin aquesta interacció.
- **Unitat de Terminal Remota (RTU):** Com indica el seu nom, és una unitat que, des d'una posició remota, obté les dades dels diferents dispositius als que esta físicament connectada, les desxifra i les envia a una Unitat Terminal Mestre. Dintre de l'estructura de client-servidor equival al servidor. Per altra banda, també s'encarrega d'enviar les senyals de control a aquests dispositius (llaç tancat). Els RTU més utilitzats son el Controlador Lògic Programable (PLC), el Controlador d'Automatització Programable (PAC) o els Sistemes Encastats (*Embedded Systems*).
- **Unitat Terminal Mestre (MTU):** El MTU s'encarrega de reunir les dades obtingudes per el RTU i les mostra al operador mitjançant l'HMI. Així doncs el MTU equivaldria al client en l'estructura client-servidor.
- **Mitja de comunicació:** és el mètode pel qual es comuniquen el MTU i la RTU i sol ser a través d'internet, xarxes sense fil o per cable o xarxes de telefonia pública.

5.2.5. Principi de funcionament

El principi d'adquisició de dades d'un sistema SCADA és el següent:

Existeix un fenomen de tipus físic que correspon a una magnitud que volem mesurar i que pot ser de naturalesa diversa (pressió, temperatura, pH, intensitat, voltatge,...). Per tal que aquestes variables siguin intel·ligibles per al sistema SCADA caldran uns **sensors** o **transductors** que converteixin les variacions de les magnituds físiques, anomenades també variables d'instrumentació, en variacions proporcionades de magnituds elèctriques (voltatge, corrent, resistència,...).

Un cop convertides, cal adequar les variables elèctriques als requeriments del sistema, és a dir, modelar-les per a que treballin en la mateixa escala de valors que la resta del equip. Això s'aconsegueix utilitzant condicionadors de senyal que a més de realitzar aquesta funció doten al sistema de aïllament elèctric i filtratge de possibles sorolls provinents de la senyal captada pels sensors. A continuació, com que la majoria de SCADA treballen en format digital, la senyal passarà per un circuit convertidor analògic/digital. En aquest punt una RTU recollirà les dades dels diferents dispositius i les enviarà a la MTU que les mostrarà al operador fent servir l'HMI. Amb la informació rebuda, l'operador estudiarà la situació i emetrà una orde de control que serà transmesa pel mateix camí explicat anteriorment però en direcció contrària fins que arribi als dispositius on actuarà (obrir/tancar vàlvula, bobina d'un relé, etc.). Podem veure exemplificat aquest procés de forma esquemàtica en la *imatge 5.2.5*.



5.2.6. Funcions principals d'un SCADA

Cada fabricant te premisses diferents alhora de fabricar el seu SCADA però generalment tot SCADA sol tenir les següents funcions bàsiques [20]:

- **Supervisió i visualització remota de la instal·lació :** Permet conèixer al operador, en tot moment i a temps real, l'estat del sistema i les seves variables principals.
- **Control remot de la instal·lació:** Permet a l'operari activar o desactivar equips del sistema de forma remota, ajustar paràmetres, valors llindar i en definitiva dur a terme qualsevol tasca de control. Pot fer-se de manera manual i/o automàtica i és una funció que està estretament lligada amb la del punt anterior.
- **Creació i gestió d'alarmes:** Es configuren unes alarmes en funció de les necessitats de seguretat i de correcte funcionament de la instal·lació. Es fixa un valor llindar per a cada alarma i es compara amb el valor analògic obtingut.
- **Programació i gestió d'esdeveniments:** Es tracta de la possibilitat de programar subprogrames que s'executin al complir-se una condició determinada. Per exemple, es pot programar que s'activi una tasca quan una variable arribi a un valor llindar.
- **Processament de dades:** El sistema permet processar, analitzar i comparar el conjunt de dades adquirit amb dades anteriors de la instal·lació i/o externes.
 - Generació d'informes: Aquesta informació pot ser presentada en forma d'informes amb dades tractades de forma estadística en un determinat temps.
 - Visualització de gràfiques : Les dades del sistema es poden representar en forma de gràfiques dinàmiques on la corba s'adapta instantàniament al valor de les variables en aquell moment o en forma de gràfiques amb dades analitzades durant un temps determinat.
- **Emmagatzematge de dades:** Aquest tipus de sistemes solen incloure una base de dades on emmagatzemar l'històric de dades dels diferents dispositius del sistema per a ser analitzades posteriorment ja sigui de forma interna o utilitzant programes d'anàlisi especialitzats externs.

5.3. Sistemes DCS

Els sistema DCS, de l'anglès *Distributed Control System* (sistema de control distribuït), és l'alternativa més comú al sistema SCADA. Tant un com l'altre són sistemes de supervisió i control de paràmetres d'una instal·lació però es diferencien en certs aspectes. Per il·lustrar millor aquestes diferències s'ha confeccionat la *Taula 5.3* [21]:

Tipus de sistema	SCADA	DCS
Tipus d'arquitectura	Centralitzada	Distribuïda
Orientació	Supervisor: tancament de llaç realitzat per el operador.	Controlador: tancament de llaç de control automatitzat pe el sistema.
Tipis de variables	Desacoblades	Acoblades
Àrea d'acció	Àrea distribuïda geogràficament	Àrea local de la instal·lació
Medi de comunicació	Satèl·lit, radiofreqüència, línia telefònica, internet,...	Connexió directa, xarxes locals
Base de dades	Centralitzada	Distribuïda

Taula 5.1: Diferències entre sistemes SCADA i DCS.

Com podem observar a la Taula 1 la principal diferència entre els dos tipus de sistema és que l'SCADA està orientat més cap a l'àmbit del tractament, visualització i gestió de dades que no pas al control de processos mentre que en el DCS és més aviat al contrari. L'arquitectura en els sistemes SCADA i la base de dades es centralitzada fet que permet al operador tenir un millor accés als històrics de dades, a les variables i paràmetres de control. Per contrapartida aquest tipus d'arquitectura posa en perill la robustesa del sistema de control, ja que al estar centralitzat, si un dispositiu important falla aquest error pot fer aturar tot el sistema. El control en els sistemes SCADA consisteix majoritàriament en canvis dels valors de les variables i gestió d'alarmes i esdeveniments.

El sistema DCS, en canvi, amb una arquitectura i una base de dades descentralitzada garanteix una integritat del control envers possibles problemes i permet al sistema un control més personalitzat ràpid i eficaç, però per altra banda això representa una desavantatge per recollir, tractar i gestionar les dades dels diferents dispositius. També observem una diferencia significativa entre els dos tipus de sistema en el paper que juga operador ja que mentre en un DCS el control està més automatitzat i el operador té una participació més passiva, en el SCADA és aquest qui tanca el llaç i per tant té la última paraula en la majoria d'accions de control [22].

6. Estat de l'art de l'anàlisi de dades

6.1. Definició i importància de l'anàlisi de dades

En un món cada cop més digitalitzat, l'art de l'anàlisi de dades ha deixat de ser un camp aplicat purament a la investigació científica i ha cobrat molta importància en el àmbit industrial, empresarial, sanitari, energètic i fins hi tot social.

Es coneix com anàlisi de dades (*Data Analysis* en anglès) el procés d'inspecció, neteja, transformació i modelatge de dades amb l'objectiu de descobrir informació útil que serveixi per arribar a conclusions rellevants i per donar suport a l'hora de prendre decisions [23].

Per a dur a terme un correcte anàlisi de les dades se seguiran les següents fases, que es realimenten entre elles i tenen un caràcter iteratiu:

1. **Requeriments de les dades:** consisteix en determinar quantes, quines i de quin tipus han de ser les dades necessàries per dur a terme l'estudi.
2. **Obtenció de les dades:** consisteix en determinar d'on s'obtidran cadascuna de les dades anteriorment seleccionades. Les fonts poden ser molt diverses: entrevistes, sensors, càmeres de vigilància,...
3. **Processament de les dades:** es tracta de separar, ordenar, agrupar, filtrar i en definitiva manipular les dades per facilitar-ne l'anàlisi.
4. **Neteja de les dades:** abans d'analitzar les dades cal assegurar-se que aquestes no estan incompletes, no hi hagi contingut duplicat, siguin fiables i no continguin errors de cap tipus. La neteja evita haver de corregir aquests errors quan s'analitzin la informació.
5. **Anàlisi exploratori de les dades:** és el primer pas per començar a comprendre la informació de la que es disposa i consisteix en elaborar gràfics com histogrames i elements d'estadística descriptiva per veure la tendència de les dades.
6. **Models i algorismes:** s'apliquen models i algorismes matemàtics i estadístics a les dades per identificar relacions entre les variables (correlació, causalitat,...), realitzar proves-t o proves-z i calcular dades estadístiques.

7. **Producte de dades:** del anglès *Data Product* , fa referència a aquells programes informàtics o aplicacions destinats a tractar la informació de manera personalitzada. N'hi ha tants com aplicacions es vulgui donar a la informació tractada (Excel, Power BI, Qlickview, PeriscopeData, Matlab,...).
8. **Comunicació/visualització de les dades:** Un cop analitzades les dades, cal adequar la informació extreta a un format que sigui adequat per a que l'usuari que la rebi la pugui entendre. Se solen utilitzar molt elements com pantalles amb gràfics i taules que continguin la informació e manera molt visual.

6.2. Tipus d'anàlisi de dades

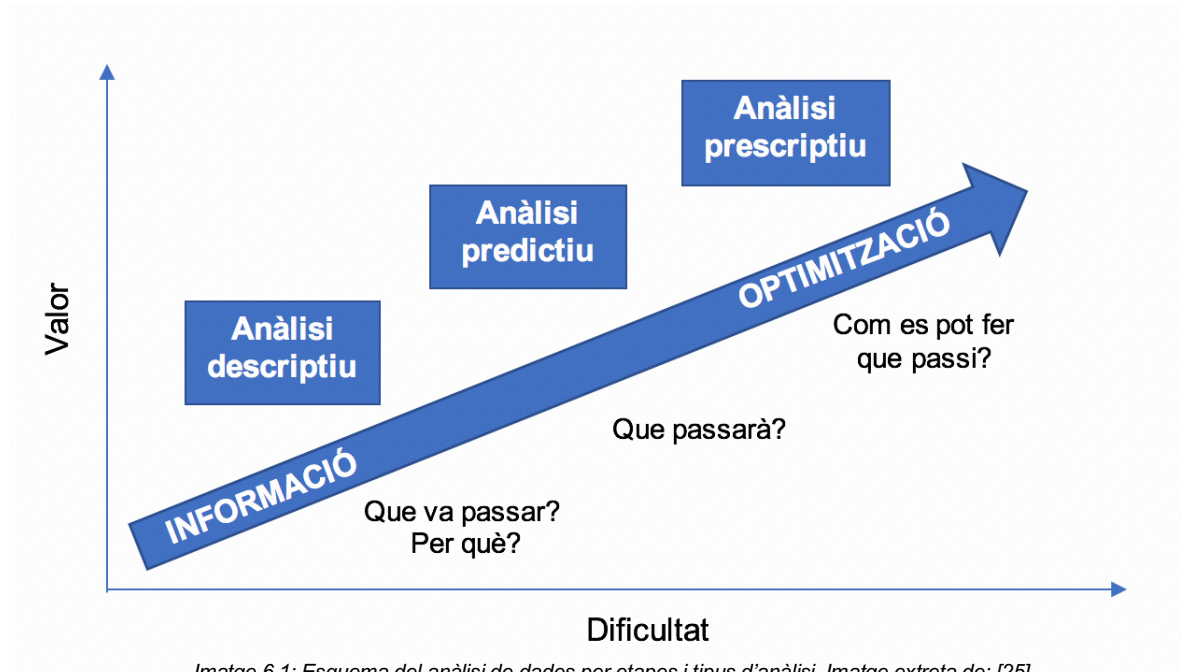
L'objectiu de l'anàlisi de dades és manipular la informació per que aquesta pugui ser la resposta per entendre el que succeeix a la realitat, perquè succeeix i fins i tot que és el que succeirà [24]. Segons la resposta que es vulgui obtenir es farà servir un tipus d'anàlisi o un altre. A continuació es presenten els tres tipus d'anàlisi més importants i més utilitzats ens els diversos camps:

- **Anàlisi descriptiu:** aquest tipus d'anàlisi pretén descriure la realitat del present de forma precisa i detallada a través de l'estudi de històrics de dades , és a dir, estudiar minuciosament el passat (pròxim i/o llunyà) per poder entendre el present i encarar el futur. Aquest és possiblement el tipus d'anàlisis utilitzat amb més freqüència degut al seu alt rendiment en relació al valor que aporta amb el grau de coneixement que implica. Normalment en aquest tipus d'anàlisi es fa servir matemàtica bàsica (sumes, percentatges, mitjanes, correlacions,...). Algunes aplicacions d'aquesta pràctica són trobar patrons entre els clients i productes en una empresa o trobar relacions entre paràmetres d'un procés productiu. L'anàlisi descriptiu és considerat la primera etapa en l'anàlisi de dades ja que és en aquesta on hi ha el primer contacte amb les dades crues (*Raw Data*) i el seu tractament convertint-les en dades útils preparades per ser analitzades [25].
- **Anàlisi predictiu:** aquest tipus d'anàlisi, com indicia el seu nom, té per objectiu elaborar models que permetin predir situacions futures a partir d'estudiar el comportament de la situació del present i els esdeveniments del passat. Aquest tipus

d'estadística sol utilitzar models matemàtics estadístics molt complexes amb els que es busquen patrons de comportament i tendències que orientin a l'hora de prendre decisions subjectes al futur, és per això que requereix d'un grau de coneixement més elevat que en el cas anterior i. que per tant és menys popular. Tanmateix, l'anàlisi predictiu s'utilitza en molts camps, per exemple, pot servir en una empresa per preveure el numero de ventes que es produiran el mes següent i quant estoc es necessitarà per cobrir la demanda ; o també la utilitzen els meteoròlegs per preveure el temps cada dia. Aquesta metodologia utilitza les dades treballades en el anàlisi descriptiu per elaborar els models de predicció que aporten valor i per tant és el següent pas en l'anàlisi de dades.

- **Anàlisi prescriptiu:** Aquest tipus d'anàlisi ha cobrat molta importància en els últims anys amb el procés de digitalització de les empreses i consisteix en analitzar unes dades treballades i sintetitzades per predir una situació futura i proposar una sèries de solucions. En altres paraules, no deixa de ser un tipus d'anàlisi predictiu que a part de predir una situació futura, utilitza mètodes d'optimització i simulació per oferir un ventall de solucions que optimitzen el problema en qüestió. A més de ser capaç d'oferir diferents solucions per la resolució d'un problema, l'analítica prescriptiva es capaç de quantificar i predir l'efecte d'aquestes solucions i per tant permet identificar la millor solució i automatitzar el procés de presa de decisions, optimitzant encara més el procés. És per això que s'ha popularitzat tant el seu ús en l'àmbit empresarial, per exemple per optimitzar la planificació del subministrament en funció de la demanda [26], i esta guanyant terreny en els sectors sanitari i energètic.

Així doncs, per a fer un repàs, es pot dir que l'analítica descriptiva és l'encarregada d'estudiar les dades històriques per explicar el present i ,al tenir el primer contacte amb la informació, també es l'encarregada de transformar les dades en informació apte per a ser consultada, visualitzada i manipulada amb facilitat. En aquest punt, l'analítica predictiva buscarà tendències i probabilitats per predir el futur i finalment s'identificarà, fent servir l'analítica prescriptiva i tenint en compte els paràmetres trobats fins llavors, la solució que millor optimitzi el problema d'entre totes les possibles.



Imatge 6.1: Esquema del anàlisi de dades per etapes i tipus d'anàlisi. Imatge extreta de: [25]

Cadascun d'aquests tipus d'anàlisi es poden subdividir encara més segons el mètode, la quantitat de dades o el tipus de dades entre altres (anàlisi lineal, no lineal, quantitatiu, qualitatiu,...).

6.3. Principals programes d'anàlisi i tractament de dades

A continuació es presenten alguns dels programes informàtics d'anàlisi i tractament de dades dels que es disposen en l'entorn universitari.

- **Minitab:** és un programa d'anàlisi estadístic i matemàtic que permet la visualització i manipulació de dades. Aquest programa està dotat d'una interfície amigable i fàcil de comprendre i combina la introducció de comandaments per escrit amb el clàssic apuntar i clicar amb el ratolí. Això sumat al fet de que no necessiti un codi de programació específic fa que sigui ideal pels estudiants que estan aprenent estadística. Tanmateix, que el programa sigui fàcil de manipular no vol dir que no pugui calcular la majoria de metodologies estadístiques que calculen altres programes més complicats; entre les seves funcions destaquen : anàlisi exploratori de dades, gràfics estadístics, control de qualitat, estadística no paramètrica, anàlisi multivariat, regressions,... entre altres [27].

- **Matlab:** igual que el Minitab, el Matlab és un programa informàtic d'anàlisi estadístic però es diferencia amb l'anterior en que està més enfocat a l'anàlisi matemàtic mentre l'altre té un enfoc més estadístic. També són diferents a nivell d'interfície, doncs el Matlab, al estar pensat per a enginyers i científics, té una interfície menys visual però més efectiva que consta d'una finestra de comandament escrit que requereix d'un llenguatge específic tot i no ser massa complicat. A nivell de funcions d'estudi estadístic, es poden realitzar pràcticament les mateixes que en el Minitab.
- **Python:** a diferència dels anteriors, el Python no és un programa informàtic sinó un llenguatge de programació però encara així és una de les eines més utilitzades pel tractament de dades actualment. Aquesta eina és molt potent ja que si es domina el llenguatge permet molta més llibertat i creativitat i per tant es pot tractar la informació de manera molt personalitzada. Tanmateix, Python requereix de llibreries i paquets per realitzar aquestes funcions i, tot i que també es pot utilitzar per fer anàlisis matemàtics i estadístics, ha crescut en popularitat en l'àmbit de tractament, manipulació i neteja de dades.
- **Excel:** L'Excel és un programa informàtic del paquet Office del grup Microsoft i és un dels programes més utilitzats del món per la quantitat de funcions que té. Tot i no ser tant potent com el Matlab o el Minitab, és capaç de realitzar la gran part de les funcions d'anàlisi estadístic habituals i un dels seus millors avantatges és que és compatible amb molts altres programes i formats i que està dotat d'una interfície molt intuïtiva que posa fa que sigui accessible per a gairebé tothom.

7. Cas particular: avaluació del funcionament del sistema fotovoltaic aïllat de l'ETSEIB

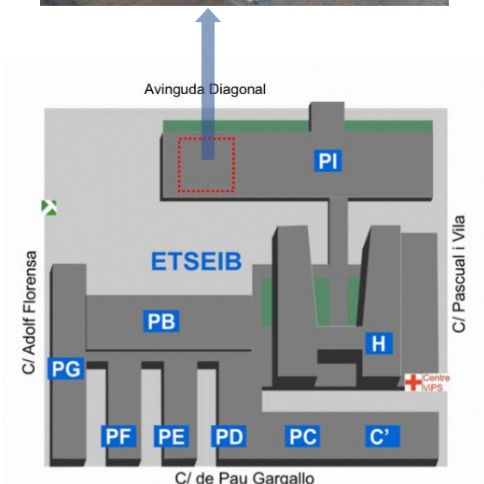
7.1. Descripció de la instal·lació fotovoltaica aïllada

Un cop introduïts els conceptes bàsics, haver parlat sobre els tipus d'instal·lacions i haver introduït els elements que conformen la majoria d'instal·lacions fotovoltaiques aïllades, ha arribat el moment de presentar la instal·lació que serà objecte d'aquest estudi.

La instal·lació en qüestió, es el centre dels treballs que giren entorn del projecte BISOL, una iniciativa que consisteix en la electrificació dels espais de la biblioteca de l'ETSEIB a partir d'energia renovable per a la càrrega de tauletes, portàtils i altres aparells electrònics [28].

Aquesta instal·lació està dissenyada per a una potència de 4kW i una autonomia d'un dia i està composta per un grup generador format per 16 panells solars fotovoltaics situats a la coberta de la biblioteca de l'ETSEIB, un inversor híbrid amb regulador de càrrega integrat, unes bateries o acumuladors, i un sistema analitzador de xarxes que inclou un software de monitorització i control propi.

Els 16 panells fotovoltaics són de la marca *Atersa* i estan compostos de cèl·lules policristal·lines de 156x156mm de mida (Annex A). Per connectar els panells entre ells s'utilitzen uns connectors de la marca TYCO. Aquests es munten de manera que el connector superior d'un panell, que és el negatiu, es solda amb el inferior del panell amb el que es vol unir l'anterior, que és el positiu. Els panells a la coberta de la biblioteca estan repartits en 4 files de 4 panells cadascuna, subjectes amb una estructura de formigó, amb una separació de 2,5 m entre files i un angle d'inclinació de 60 graus. D'aquesta manera i segons un estudi previ s'estima que la producció energètica en el pitjor i el millor més de l'any (Febrer i Juliol) es d'aproximadament 110,2 kWh/m² i 141,9 kWh/m² respectivament i la



Imatge 7.1 : Situació i distribució dels panells solars de la instal·lació.

producció total és d'aproximadament 1514,1 kWh/m² [5].

Dels panells fotovoltaics en surt un cablejat de coure protegit per un tub tipus SAPA PVC que porta el flux a una caixa de proteccions de 24V on s'aïllarà al sistema de possibles sobretensions i corrents desmesurats.

De la caixa de proteccions, més cablejat de coure porta el flux fins a l'inversor que en aquest cas també és un regulador de càrrega. L'inversor de càrrega híbrid solar de Circutor (*CirPower Hybrid*) és un dispositiu dissenyat especialment per instal·lacions fotovoltaïques autònomes i incorpora un regulador de càrrega MPPT a més de realitzar les funcions d'un inversor (Annex A).

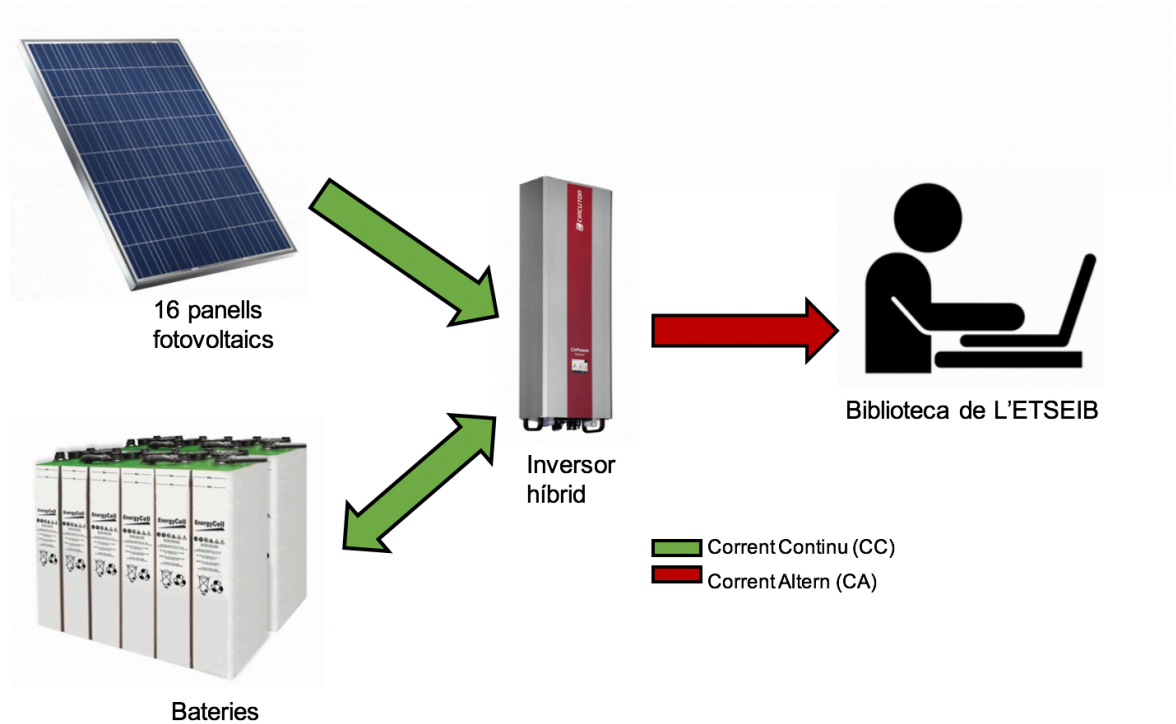
El Cirpower Hybrid 4k-48V funciona en mode “aïllat”, una estratègia que desconnecta totalment l'equip de la xarxa i que té per objectiu allargar al màxim la vida útil de la bateria. Per tal de fer-ho, l'equip compta amb una histèresi programable que defineix la connexió o desconnexió de les línies en funció de l'estat de càrrega de les bateries (SOC). Així doncs, si es parteix d'un SOC baix, més petit que el valor de SOC Min prèviament determinat, l'equip no connectarà les línies fins que aquest superi un valor de SOC Rec (recomanable) també prèviament determinat. En aquest punt, l'equip sortirà de l'estat “Bateria buida” i mantindrà la bateria connectada fins que el SOC estigui per sota del SOC Min, que tornarà a l'estat descrit anteriorment.

En aquesta estratègia es faran servir els panells solars, en primer lloc per subministrar les càrregues, en cas de que hi hagi un excés de generació, aquest servirà per carregar la bateria i si aquesta no permet més càrrega perquè el SOC està al 100%, es reduirà la generació.

Del inversor, el mateix tipus de cablejat porta el flux de corrent continu (CC) fins a les bateries de la marca *Vesna Solar*; unes bateries de plom, estacionàries i de baix manteniment del model TOPzS que proporcionen una capacitat d'energia emmagatzemada de 21,8 kWh. Aquest tipus de bateries són ideals per a instal·lacions autònomes perquè suporten càrregues irregulars i estan dotades d'una descàrrega baixa. La bateria de la instal·lació és de 48 V i està composta per 24 cel·les de 2 V cadascuna connectades en sèrie.

Pel que fa al flux de corrent altern (CA), de l'inversor el mateix tipus de cablejat el porta a una primera caixa de proteccions de 24 V que protegeix el costat altern de sobretensions i d'aquesta a una segona caixa de proteccions amb un voltatge més elevat, concretament de 36 V. Val a dir que totes les caixes esmentades anteriorment estan connectades a terra per

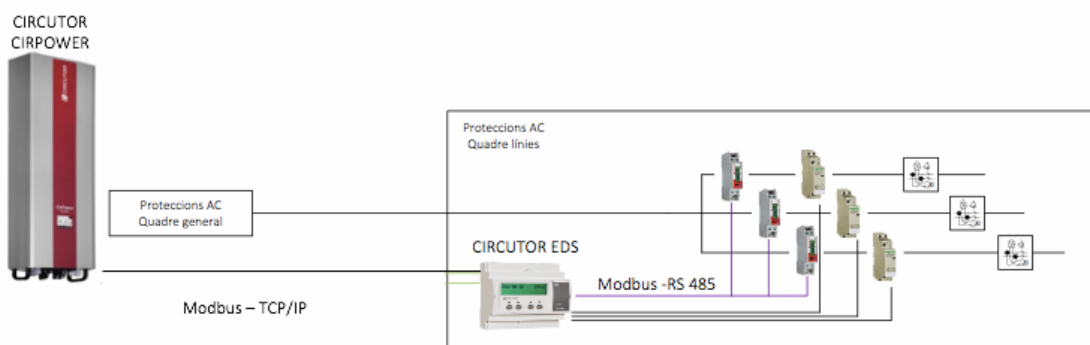
tal de garantir la seguretat del sistema. En aquesta última caixa, a través de 3 contactors es divideix el flux de CA en 3 línies que, mitjançant els canals UNEX 73, alimentaran 20 endolls cada una fent així un total de 60 endolls.



Imatge 7.2: Esquema bàsic de la instal·lació autònoma de l'ETSEIB

7.2. Dispositius d'adquisició i monitorització de dades de la instal·lació

En aquest apartat es descriuran els principals dispositius dels sistema destinats a adquirir dades per tal de monitoritzar i controlar les funcions de la instal·lació. Per raons de control es va escollir el fabricant *Circuitor* per a tots els elements: **Tres analitzadors de xarxa CVM-1D**, **un inversor híbrid model CirPower 4k** i **un gestor energètic EDS Deluxe**. En la *Imatge 7.3* podem veure com estan muntats al circuit aquests dispositius.



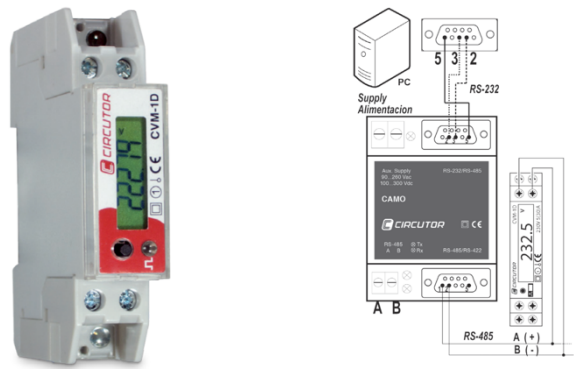
Imatge 7.3: Esquema bàsic del muntatge dels dispositius d'adquisició de dades de la instal·lació.

7.2.1. CVM-1D

Aquest dispositiu de la marca *Circuitor* és un analitzador de xarxa i per tant és l'encarregat de mesurar, calcular i visualitzar els principals paràmetres elèctrics de la xarxa. Recordem que en el circuit de la instal·lació hi ha 3 aparells d'aquest tipus, un per a cada línia de consum.

Aquest analitzador està dissenyat per a circuits monofàsics de 32 A i és capaç de mostrar en pantalla fins a 24 variables amb els valors màxim, mínim i instantani. Entre les seves múltiples avantatges destaquen el seu reduït volum, que fa que sigui compatible amb la majoria de quadres elèctrics del mercat, i la possibilitat de enllaçar-se, normalment a través d'un controlador o PLC, amb un gestor d'eficiència (EDS en aquest cas) per centralitzar les dades recollides. D'aquesta manera, si es posa més analitzadors a diferents punts de la instal·lació resultarà més fàcil de controlar i d'accedir a les dades.

Per consultar més especificacions tècniques cal veure l'Annex A.



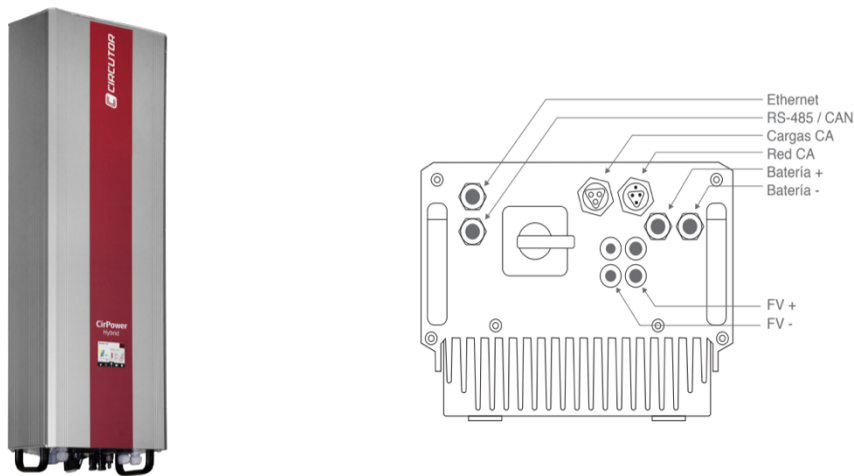
Imatge 7.4: Analitzador de xarxa CVM-1D de la marca Circutor.

7.2.2. CirPower Hybrid 4K- 48

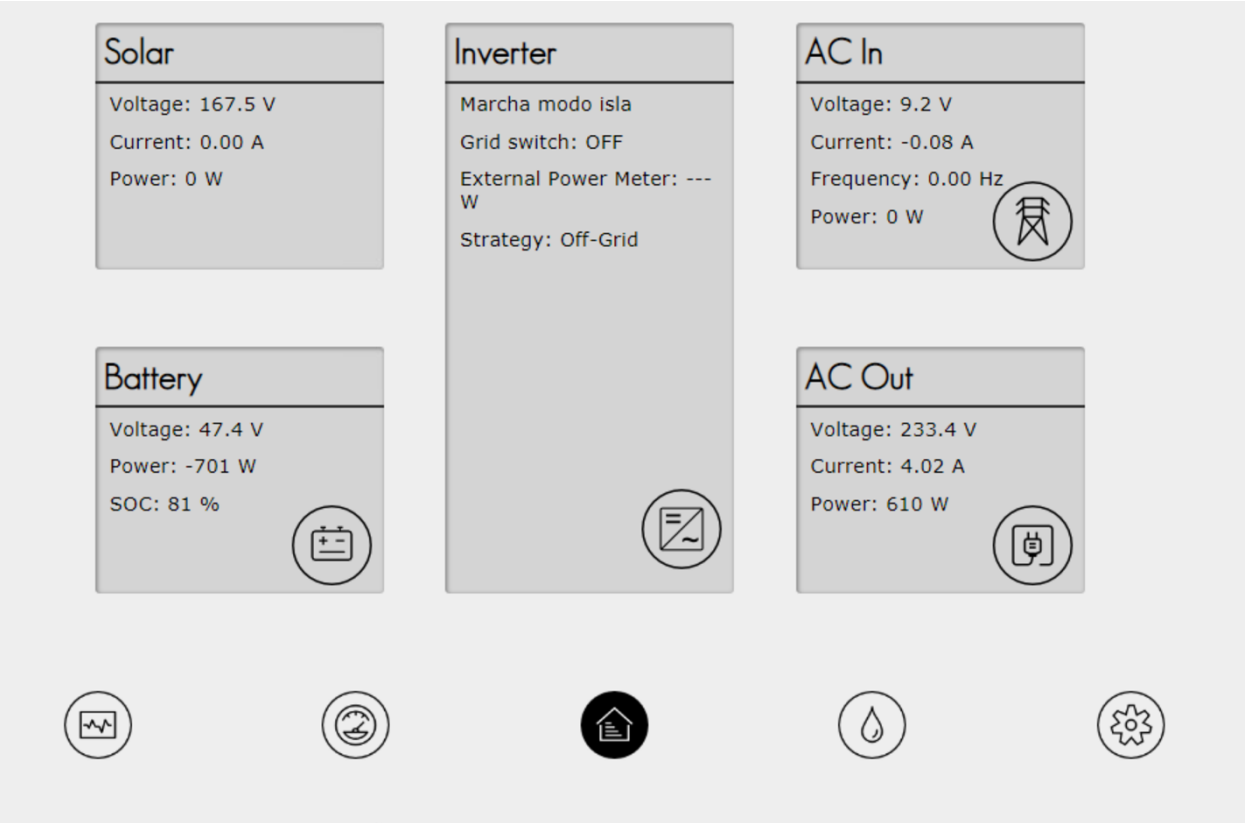
El CirPower Hybrid 4K- 48 és un inversor híbrid solar confeccionat per a instal·lacions fotovoltaïques aïllades. Aquest en concret, tal i com indica el seu nom, està dissenyat per una instal·lació de 4kW amb una tensió de bateries de 48 V. Aquest dispositiu realitza tant la funció d'inversor, que consisteix en transformar el corrent continu en corrent altern, com la funció de regulador de càrrega, que consisteix en regular el flux energètic entre els panells solar, la càrrega i les bateries. La regulació de càrrega de l'inversor en qüestió és del tipus MPPT(seguidor de punt de màxima potència) ideal per a instal·lacions on la tensió de les bateries és inferior a la de les plaques ja que permet treballar a tensions altes minimitzant els valors de corrent i per tant les pèrdues [29].

El valor afegit que ofereix aquest dispositiu és que disposa d'un servidor web amb dades i gràfics que permet monitoritzar les principals variables del sistema en tot moment i d'una base interna de dades que enregistra el comportament de tots els fluxos d'energia. A més a més és capaç de comunicar-se amb el gestor energètic (EDS) via *Ethernet*.

Per consultar més especificacions tècniques cal veure l'Annex A.



Imatge 7.5: Inversor híbrid CirPower Hyb 4K-48 de la marca Circutor.



Imatge 7.6: Interficie del servidor web de monitorització del inversor híbrid.

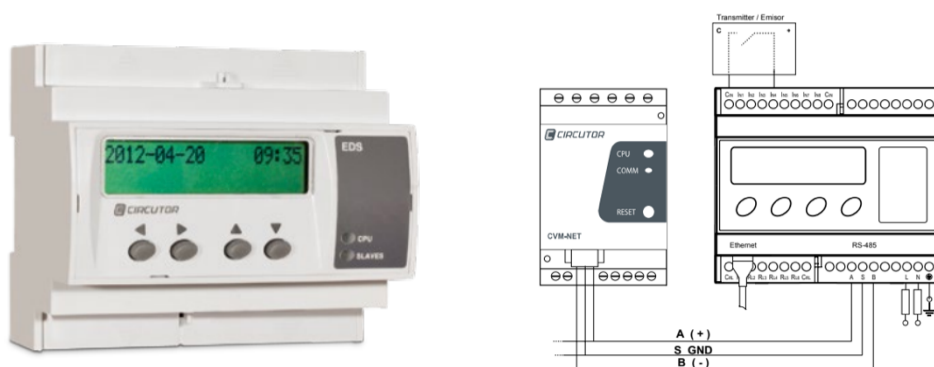
7.2.3. EDS

Dotat de 8 entrades digitals lliures de tensió i 6 sortides per relé programable, l'EDS (*Efficiency Data Server*) és un gestor d'eficiència energètic que permet la visualitzar tant les variables dels dispositius que hi estan connectats com les seves pròpies en forma de gràfics o de taula en temps real.

L'EDS esta dotat de connectivitat *Ethernet* auto detectable que li permet comunicar amb altres dispositius per controlar-los, gestionar-ne la informació o emmagatzemar-la. D'aquesta manera, al associar una direcció IP al dispositiu, l'usuari pot veure a temps real el valor de les entrades i sortides i actuar sobre elles mitjançant un servidor web accessible des d'un explorador d'internet convencional. Per veure aquesta interfície associada n'hi haurà prou d'introduir la direcció IP del dispositiu com a direcció *HTTP*.

Aquesta última aplicació resulta molt útil per visualitzar i controlar el comportament d'aquells dispositius que no disposen d'una interfície pròpia per a fer-ho com ara els analitzadors de xarxa.

Per consultar més especificacions tècniques cal veure l'Annex A.



Imatge 7.7: Gestor d'eficiència energètica EDS (*Efficiency Data Server*) de la marca Circutor.

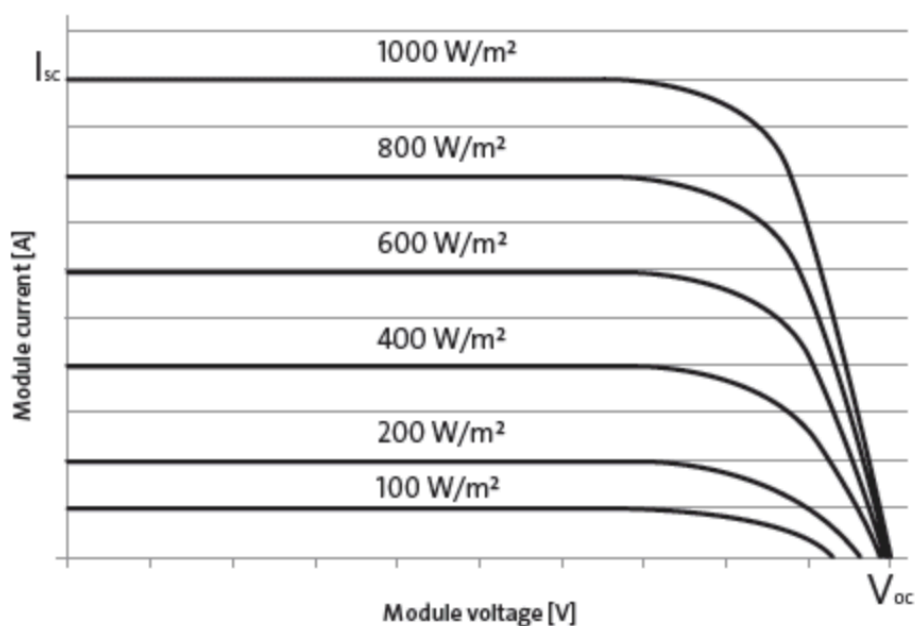
7.3. Paràmetres rellevants del sistema

Aquest apartat pretén ser una introducció als paràmetres més importants que s'hauran de tenir en compte a l'hora d'estudiar i optimitzar el funcionament d'una instal·lació fotovoltaica aïllada. Així doncs, l'objectiu serà analitzar quins són els factors clau per reduir costos, augmentar l'eficiència i garantir la qualitat del servei.

7.3.1. Panells Fotovoltaics

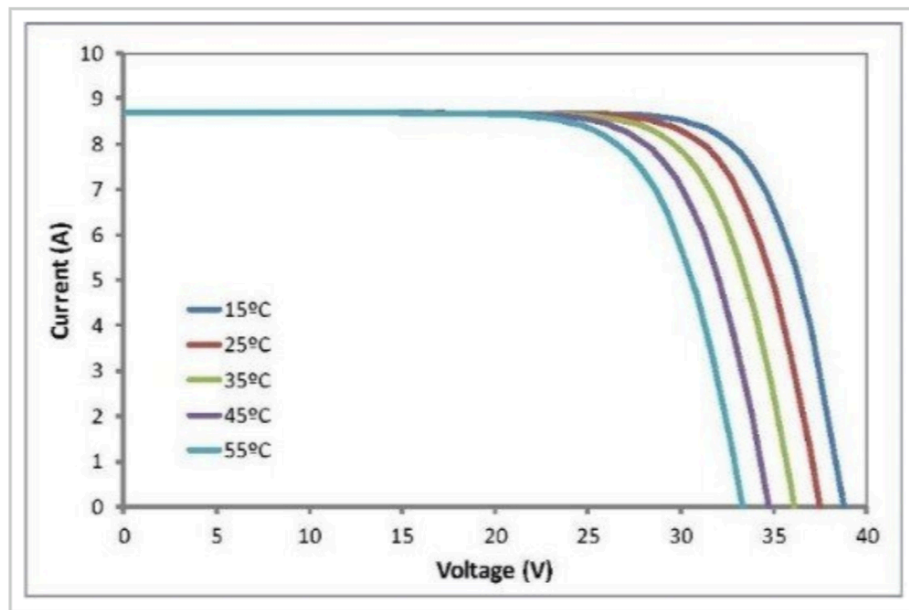
En primer lloc analitzarem els paràmetres rellevants dels panells fotovoltaics, un dels elements més importants ja que són els encarregats de generar l'energia que alimentarà al sistema.

- **Irradiació (W/m^2):** com és evident, la producció d'energia d'un mòdul fotovoltaic és pràcticament proporcional a la radiació que incideix sobre aquest (veure *Imatge 7.8*). No obstant, és important que aquesta irradiació sigui homogènia entre les cel·les del mòdul ja que, sinó, la cel·la que rep l'excés d'insolació genera una sobrecàrrega de potència elèctrica que pot ser perjudicial per l'equip. Aquest problema se sol solucionar instal·lant un díode bypass en paral·lel a cada cel·la i és per això que és de vital importància estudiar la posició dels panells fotovoltaics de manera que no es generin ombres que puguin provocar aquest fenomen [30].



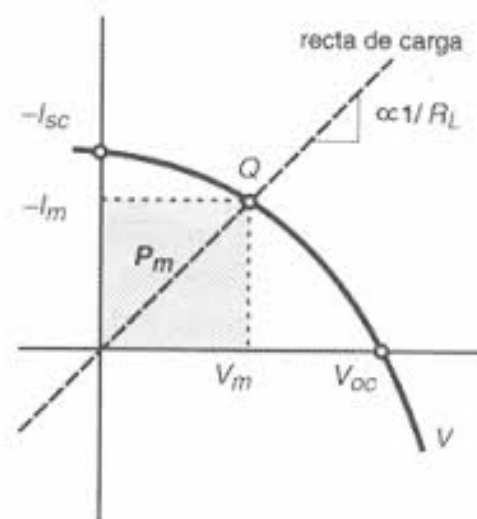
Imatge 7.8: Corba característica per a 6 nivells d'irradiació diferents. Imatge extreta de: [31]

- **Temperatura:** la temperatura dels panells és un factor que influeix en el seu rendiment considerablement. S'ha demostrat que a més temperatura menys rendiment energètic es pot aconseguir d'una cel·la fotovoltaica. En la *Imatge 7.9* es pot veure perfectament com el voltatge de sortida de la cel·la, i per tant la potència elèctrica ($P=V \cdot I$), disminueix a mesura que augmenta la temperatura [30].



Imatge 7.9: Corba característica per a 5 temperatures diferents. Imatge extreta de: [30]

- **Càrrega:** Tot i que en la corba característica d'una cel·la fotovoltaica es pot identificar un punt on la potència és màxima, la potència generada ve determinada pel valor de la càrrega d'aquell moment, o en altres paraules, la demanda instantània. Aquest fenomen es representa com la intersecció entre la recta de càrrega i la corba característica (veure *Imatge 7.10*).



Imatge 7.10: Punt de potència màxima com a intersecció entre la corba característica i la recta de càrrega. Imatge extreta de: [32]

7.3.2. Bateries

La bateria és un element crucial en una instal·lació fotovoltaica aïllada ja que és l'encarregada de proporcionar autonomia al sistema. Com s'ha comentat anteriorment, aquest tipus d'instal·lacions solen utilitzar unes bateries d'àcid plom de caire solar. Aquestes bateries estan dissenyades per suportar cicles de càrrega irregulars i cicles de descàrrega profunds.

- **SOC:** Per tal de reduir en costos és important allargar al màxim la vida útil de les bateries de la instal·lació, és a dir, cal reduir al màxim el numero de descarregues profundes i sobrecàrregues que pateixen. Per tal d'aconseguir-ho el paràmetre que cal controlar és el SOC, que està sotmès a la influència de la generació, que al dependre del clima no és controlable, i a la de la demanada o càrrega, que s'haurà de reduir quan el SOC sigui perillosament baix (per evitar el fenomen de la sulfuració) [33].
- **Voltatge i Temperatura:** Un altre factor que fa minvar la vida útil de les bateries d'aquest tipus són les pèrdues. Majoritàriament aquestes pèrdues es deuen a un fenomen anomenat gasificació i que es representa en forma de corrent I_{gas} . Aquest corrent es calcula amb una fórmula que depèn de la temperatura. (T_{Bat}) i el voltatge de la bateria (V_{Bat}) de forma que I_{gas} incrementa quan ho fan les anteriors [33].

$$I_{gas} = \frac{C_{10}}{100Ah} \times I_{go} \times e^{[C_v(\frac{V_{bat}}{cell} - 2,23V) + C_t(T_{bat} - 20^\circ C)]}$$

Equació 7.1: Corrent de pèrdues I_{gas} .

7.3.3. Càrrega

Finalment, la càrrega o demanda és un factor molt important a tenir en compte ja que és la variable de la que depèn la qualitat del servei que es proveeix a l'usuari.

Tenint en compte que els dispositius que es connectaran al sistema estan dissenyats per treballar a una certa tensió, cal garantir un nivell de **tensió de línia** mínim per garantir-ne un bon funcionament. També cal procurar un nivell de **potència consumida** suficient que garanteixi que un valor mínim de tensió de línia quan el consum augmenti i faci disminuir la tensió.

7.4. Software PowerStudio SCADA

A més a més dels dispositius esmentats anteriorment també es disposa d'un software SCADA de la marca Circutor. Aquest software permet visualitzar a temps reals els paràmetres dels diferents elements que componen la instal·lació en una sola pantalla i es capaç d'integrar tota mena d'equips Circutor com ara analitzadors de xarxa CVM, equips de protecció o comptadors d'energia multi funció.

PowerStudio SCADA esta dissenyat de manera que qualsevol usuari és capaç de crear pantalles, informes, gràfics i taules personalitzades amb la informació desitjada així com programar esdeveniments (alarmes, càlculs, enviaments de correus electrònics,...).

Per consultar més especificacions tècniques cal veure l'Annex A.

El software en qüestió es divideix en 3 mòduls fonamentals: l'editor d'aplicacions, el motor de comunicacions i el client [5].

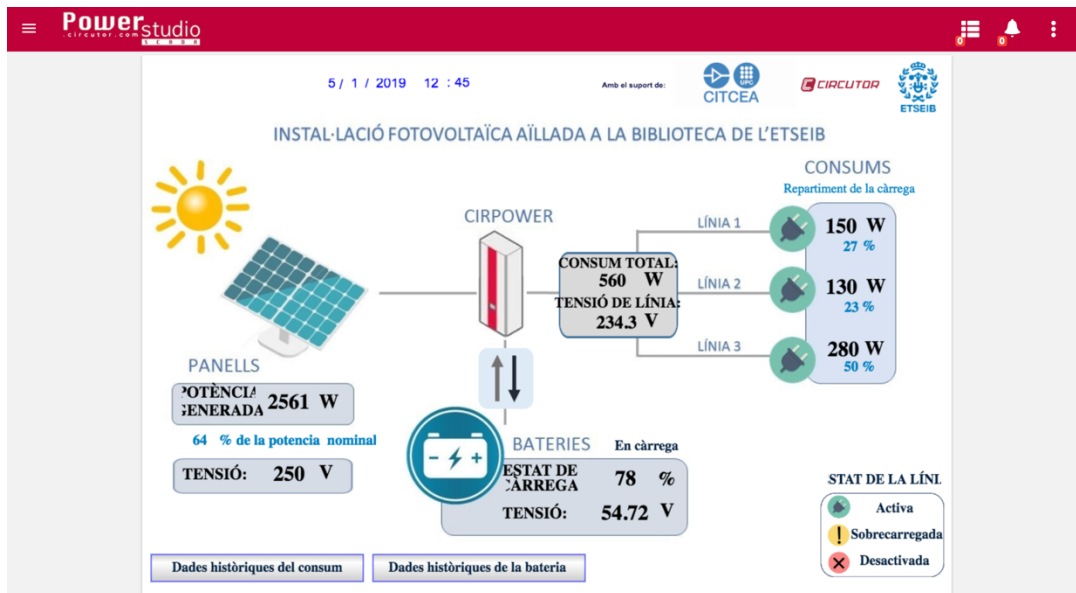
- **L'editor (*PowerStudio SCADA editor*):** És l'encarregat de gestionar les aplicacions: crear-ne de noves, modificar aplicacions existents i importar i exportar aplicacions del motor. És a l'editor on l'usuari pot crear pantalles, gràfics i informes.
- **El motor (*PSEngineManager*):** El motor és l'encarregat d'executar l'aplicació creada per l'editor i comunicar la informació als dispositius pertinents de la instal·lació. En aquest cas és l'EDS l'encarregat de realitzar aquesta funció ja que és capaç de gestionar i centralitzar les dades del sistema i comunicar-se amb els diferents elements.
- **El client (*PowerStudio Client*):** Aquest últim mòdul és el que es connecta amb el motor i el que fa servir l'usuari per consultar les pantalles, informes, gràfics o qualsevol informació que s'hagi elaborat prèviament en l'editor.

7.4.1. Projecte de creació de pantalles

En el projecte “Monitorització d’una instal·lació fotovoltaica”, realitzat durant l curs 2017-2018, es va elaborar una interfície de tres pantalles que permet veure la informació més rellevant del sistema i consultar històrics de dades fent servir el software PowerStudio SCADA. Per fer-ho es va crear una aplicació superior que descarrega periòdicament les dades emmagatzemades a l’EDS segons les necessiti per a incloure-les en les diferents pantalles i informes.

En aquest projecte es va crear una interfície de 3 pantalles en total, interrelacionades entre sí, amb la intenció de posar a l’abast de tothom i de forma didàctica els valors de diferents variables del sistema que fins a les hores només es podien visualitzar des del servidor web del inversor el qual és molt més limitat i poc intuïtiu.

La pantalla principal és una representació esquemàtica del funcionament del sistema, els elements que el conformen, les connexions que els uneixen i els valors instantanis dels seus paràmetres més rellevants. Des d’aquesta pantalla es pot accedir a les altres clicant sobre les etiquetes corresponents.



Imatge 7.11: Pantalla principal de la interfície

La segona pantalla posa a disposició de l'usuari l'històric dels consums energètics de la instal·lació, com ara l'energia consumida i generada, i permet consultar la informació en forma de gràfic i en els períodes d'un dia, un mes o un any.



Imatge 7.12: Pantalla amb les dades històriques del consum

La tercera funciona de la mateixa manera que la segona però mostra les dades històriques de la bateria com ara el SOC de la bateria, la tensió o la temperatura de l'equip.



Imatge 7.13: Pantalla amb les dades històriques de la bateria

En un principi es volia utilitzar aquesta interfície per programar una descarrega de dades per exportar-les a un programa especialitzat i analitzar-les de forma periòdica.

No obstant el software PowerStudio SCADA utilitzat per realitzar aquesta interfície és una versió sense llicència, el que implica que l'aplicació superior creada s'ha de reiniciar cada 60 minuts i per tant s'esborra tota la informació emmagatzemada fins llavors. Aquest fet no és un impediment per poder monitoritzar les dades de forma instantània ja que aquestes s'actualitzen constantment però sí que ho és si es vol accedir a l'històric de dades.



Imatge 7.14: Gràfic buit degut al problema amb la llicència

Així doncs, s'ha decidit prescindir d'aquesta aplicació com a font d'extracció de les dades necessàries per a realitzar l'avaluació del funcionament de la instal·lació.

8. Resultats finals

En aquest apartat s'explicaran tots els passos que s'han seguit per tal de poder realitzar l'estudi i l'avaluació del funcionament de la instal·lació fotovoltaica aïllada de la ETSEIB. En primer lloc s'explicarà quin procés s'ha seguit per tal d'obtenir les dades, de quin dispositiu provenen, en quin format s'obtenen i quina quantitat en tenim. A continuació es descriurà quin tractament rebran, com seran manipulades i quin programa d'anàlisi de dades s'utilitzarà per fer l'estudi.

A partir d'aquí es procedirà a estudiar individualment el comportament de les variables principals dels diferents dispositius i es descartaran aquelles que no tenen interès de cara a l'estudi.

També es compararan aquestes variables per intentar identificar patrons i correlacions entre elles i s'intentaran explicar

8.1. Problemàtica inicial

Com s'ha comentat en l'apartat 7.4.1 Projecte de creació de pantalles, un dels objectius principals del projecte era el de utilitzar el software PowerStudio SCADA i l'aplicació superior creada recentment per programar una descarrega periòdica de les principals variables del sistema.

Al no disposar de la llicència completa d'aquest programa informàtic, aquest s'aturava cada 60 minuts perdent totes les dades emmagatzemades fins aquell moment i a més requeria reiniciar l'aplicatiu.

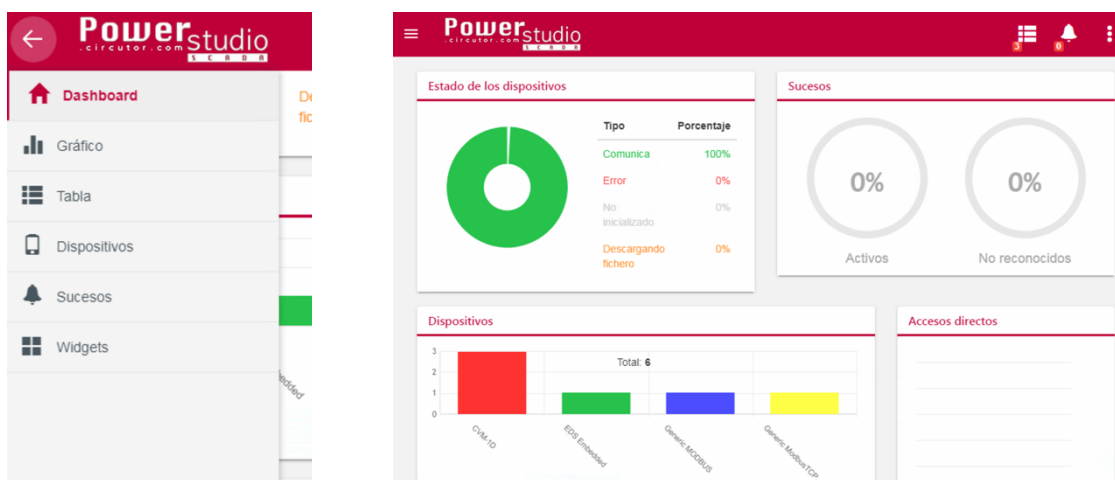
Davant la impossibilitat de programar una descarrega de dades amb el PowerStudio SCADA es van buscar varies alternatives però es varen descartar totes per falta de recursos econòmics, coneixement específic de la matèria o incapacitat de realitzar la tasca específica. També es va intentar contactar amb el fabricant Circutor per tal de solucionar el problema de la llicència sense èxit.

Finalment, davant d'aquesta situació, s'ha decidit prescindir de programar una descàrrega de dades de forma periòdica i en el seu lloc s'ha optat per fer una descarrega manual de les dades de que es disposen actualment.

8.2. Obtenció de les dades i descripció de la interfície

Per a fer la descàrrega de dades de forma manual s'ha utilitzat el servidor web del client de PowerStudio SCADA. Per entrar a la interfície cal escriure'n la direcció IP al buscador com a HTTP i cal estar connectat a la xarxa de l'ETSEIB.

Al accedir-hi sens presenta una pantalla principal en forma de *Dashboard* on apareix informació sobre el estat dels dispositius i els esdeveniment de forma visual i esquemàtica.

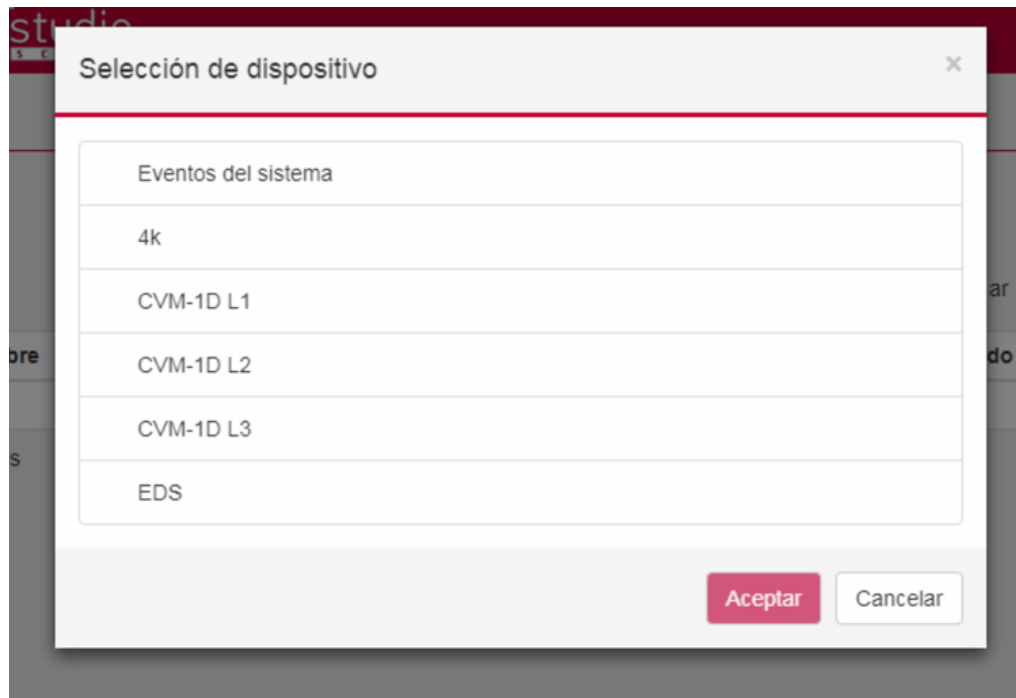


Imatge 8.1: Dashboard i menú desplegable del servidor web

Si cliquem sobre la icona de la part superior esquerra de la pantalla es desplega un menú amb les següents opcions: gràfic, taula, dispositius, esdeveniments, Widgets (veure *Imatge 8.1*).

Com que l'objectiu és obtenir un gruix de dades considerable i en un format compatible amb un programa extern d'anàlisi, s'ha decidit no utilitzar les opcions dispositius, esdeveniments i Widgets, ja que només permeten visualitzar els valors instantanis de les variables.

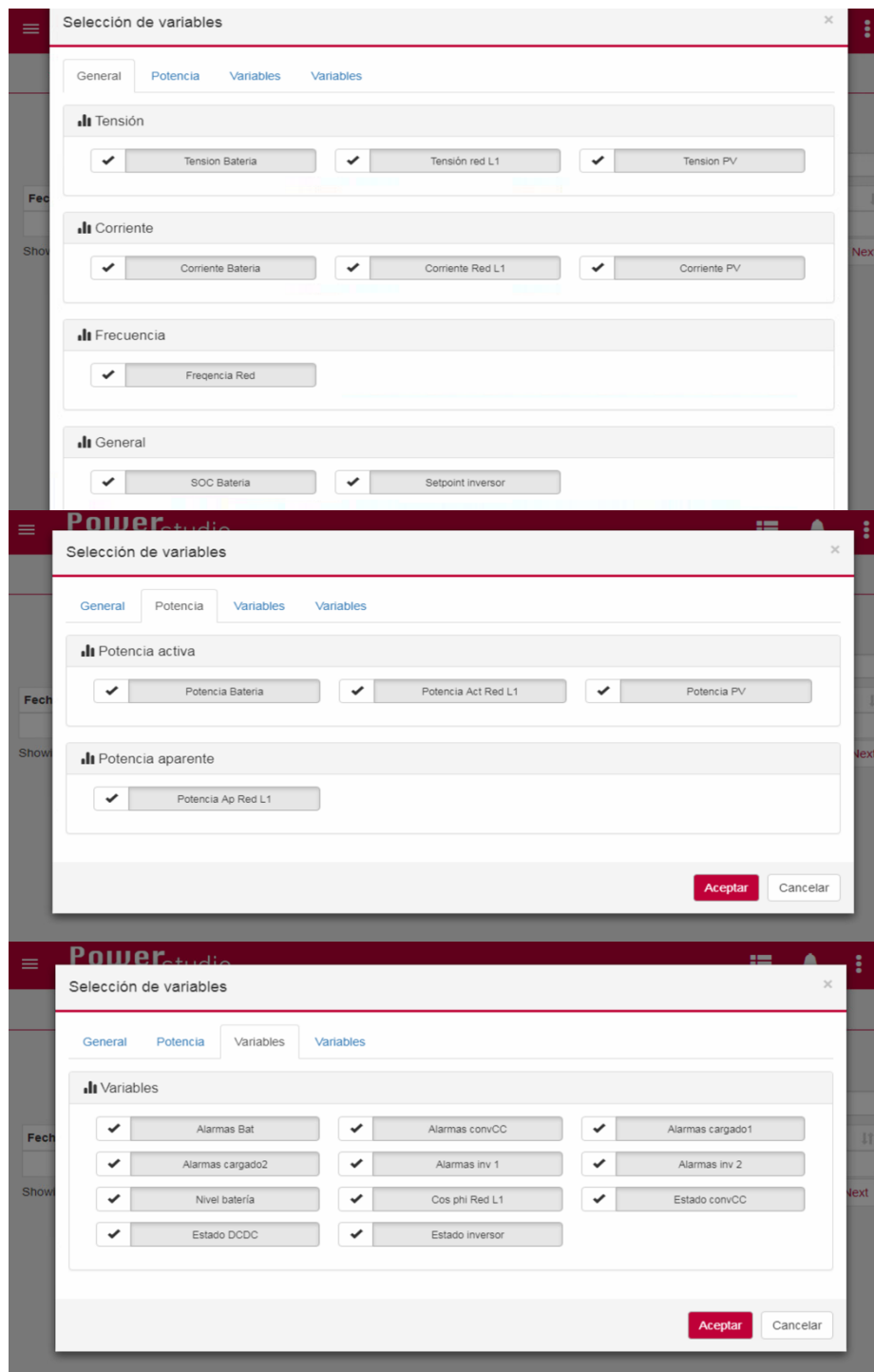
Així doncs, les opcions que s'utilitzaran per obtenir les dades són les de taula i gràfic, que permeten visualitzar l'històric de dades de una o més variables d'un mateix dispositiu en forma de taula o de gràfic respectivament. En els dos casos, quan es clica sobre la opció, es desplega un altre menú que permet escollir entre l'inversor híbrid 4k, els 3 analitzadors de xarxa CVM-1D de les 3 línies, , el gestor d'eficiència energètica EDS i els esdeveniments del sistema (veure *Imatge 8.2*).



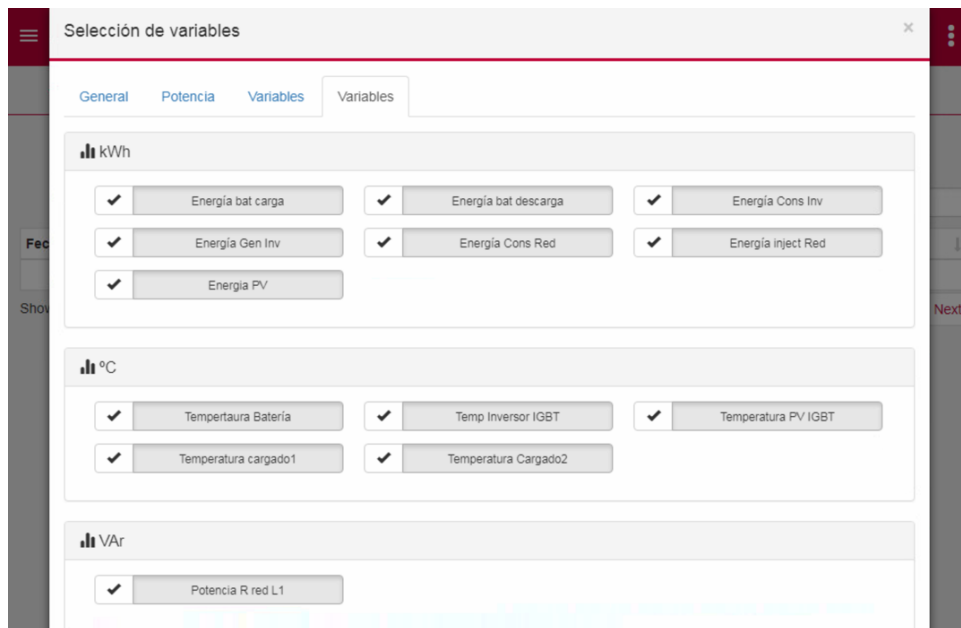
Imatge 8.2: Menú de selecció de dispositius

Un cop es selecciona un dispositiu, es desplega un segon menú, que és diferent per cada tipus de dispositiu, on l'usuari pot seleccionar les variables que vol visualitzar.

Les variables disponibles per a l'inversor 4k són les següents:

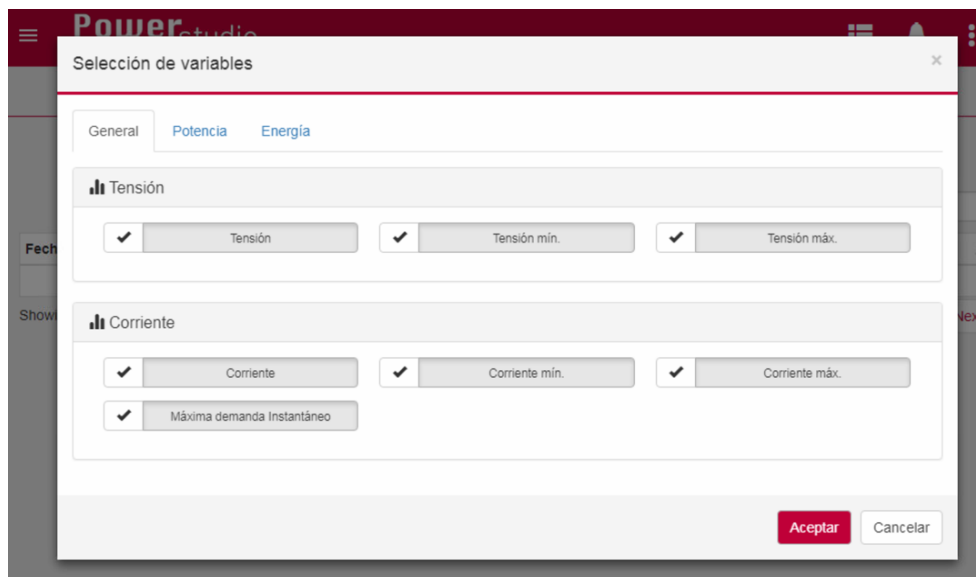


Imatge 8.3: Variables de l'inversor 4k (part I)



Imatge 8.4: Variables de l'inversor 4k (part II)

Les variables disponibles per als analitzadors de xarxa CVM-1D per a cadascuna de les 3 línies són les següents:



Imatge 8.5: Variables del analitzador de xarxa CVM-1D(part I)

Selección de variables

General Potencia **Energía**

Potencia activa

☒ P.Activa ☒ P.Activa mín. ☒ P.Activa máx.

☒ P.Activa - ☒ P.Activa mín. - ☒ P.Activa máx. -

Potencia capacitiva

☒ P.Capacitiva ☒ P.Capacitiva mín. ☒ P.Capacitiva máx.

☒ P.Capacitiva - ☒ P.Capacitiva mín. - ☒ P.Capacitiva máx. -

Potencia inductiva

☒ P.Inductiva ☒ P.Inductiva mín. ☒ P.Inductiva máx.

☒ P.Inductiva - ☒ P.Inductiva mín. - ☒ P.Inductiva máx. -

Factor de potencia

☒ F.P. - ☒ F.P. Mín. - ☒ F.P. Máx. -

☒ F.P. ☒ F.P. Mín. ☒ F.P. Máx.

Potencia aparente

☒ P.Aparente - ☒ P.Aparente mín. - ☒ P.Aparente máx. -

☒ P.Aparente ☒ P.Aparente mín. ☒ P.Aparente máx.

Aceptar Cancelar

Selección de variables

General **Potencia** Energía

Energía activa

☒ E.Activa ☒ E.Activa Inicial ☒ E.Activa Final

☒ E.Activa - ☒ E.Activa Inicial ☒ E.Activa Final

Energía capacitiva

☒ E.Capacitiva ☒ E.Activa Inicial ☒ E.Activa Final

☒ E.Capacitiva - ☒ E.Activa Inicial ☒ E.Activa Final

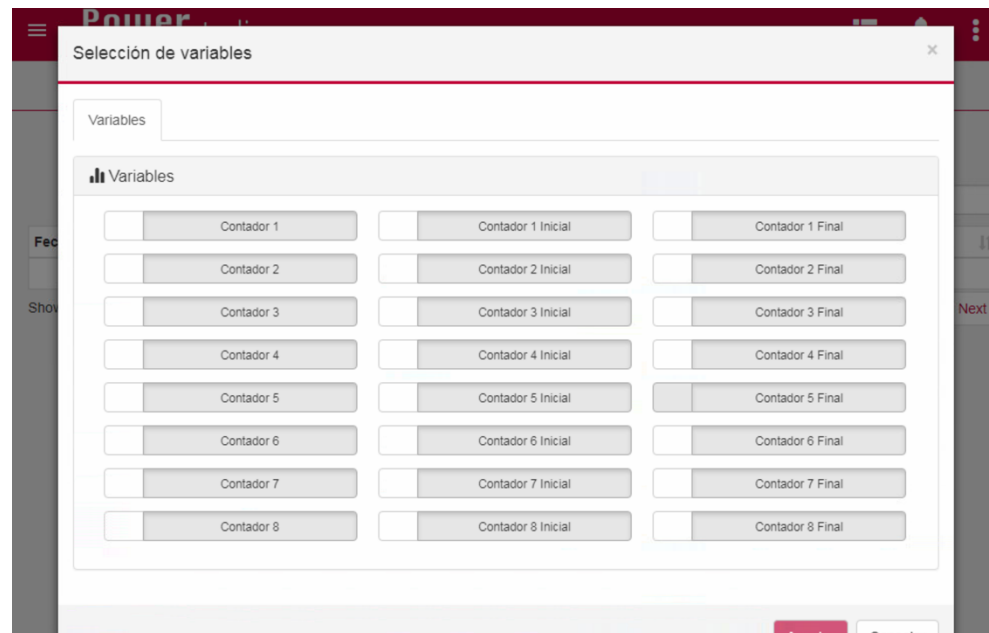
Energía inductiva

☒ E.Inductiva ☒ E.Activa Inicial ☒ E.Activa Final

☒ E.Inductiva - ☒ E.Activa Inicial ☒ E.Activa Final

Imatge 8.6: Variables del analitzador de xarxa CVM-1D(part II)

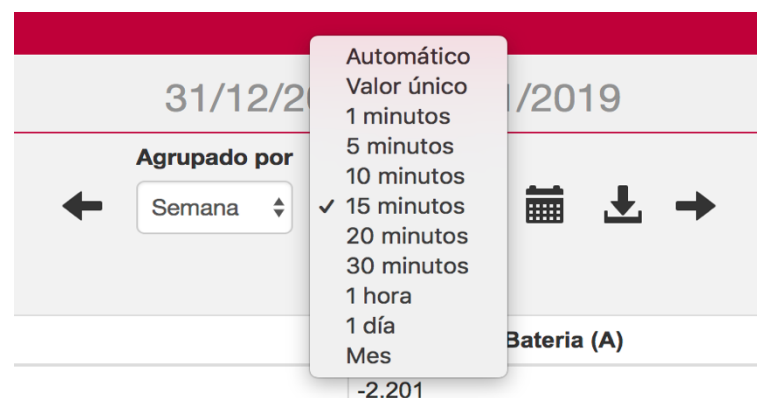
Les variables disponibles per al gestor d'eficiència EDS són les següents:



Imatge 8.7: Variables del gestor d'eficiència EDS

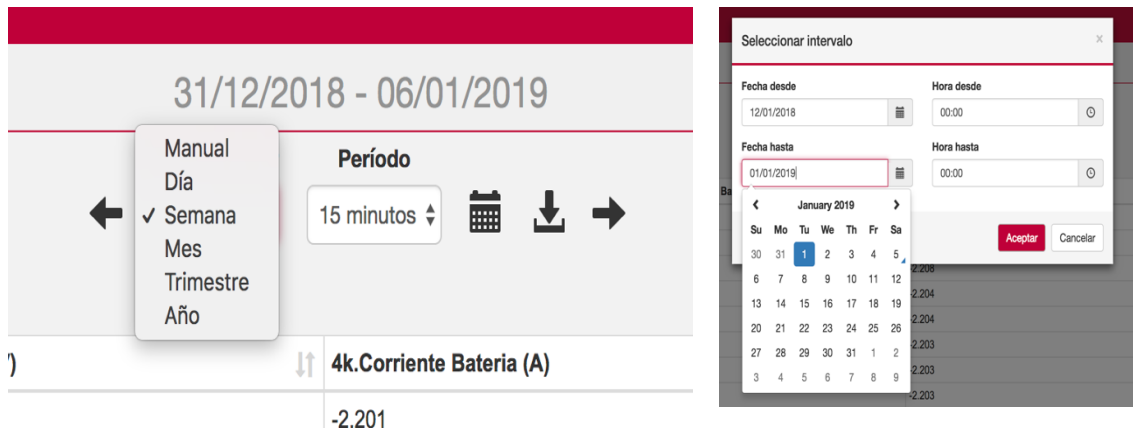
Un cop seleccionades les variables, l'usuari clica el botó acceptar i apareix una pantalla amb una taula o gràfic mostrant les variables seleccionades.

En aquesta pantalla s'ofereix la opció de triar la freqüència de generació de les dades, és a dir, es pot triar cada quan de temps el servidor genera una dada. Les opcions són: automàtic (30 minuts per defecte), 1 minut, 5 minuts, 10 minuts, 15 minuts, 20 minuts, 30 minuts, 1 hora, 1 dia i 1 mes. No obstant, el període mínim real que permeten els equips és de 15 minuts (veure *Imatge 8.8*).



Imatge 8.8: Desplegable de temps de l'opció període

També es pot triar el període de temps en el que es volen mostrar les variables seleccionades. En aquest cas les opcions són: Dia, Setmana, Mes, Trimestre, Any i Manual, que permet seleccionar un rang comprès per dues dates i les respectives hores (veure *Imatge 8.9*).



Imatge 8.9: Desplegable de temps de l'opció "agrupado por"

Així doncs, si, per exemple, es volen veure les dades referents a la tensió, el corrent i el SOC de la bateria en forma de taula, cada 15 minuts i durant l'últim mes, els passos a seguir serien els següents: seleccionar la opció "taula" del menú, seleccionar el dispositiu "4k", seleccionar les variables tensió, corrent i SOC de la bateria, i a la pantalla on es mostren les dades seleccionar la opció període "15 minuts" i agrupat per "Mes". El resultat mostrat en pantalla seria el següent (veure *Imatge 8.10*).

12/2018			
Agrupado por		Período	
Mes		15 minutos	
Fecha/hora	4k.Tension Bateria (V)	4k.Corriente Bateria (A)	4k.SOC Bateria (%)
01/12/2018 00:00:00	48.982	-2.208	87
01/12/2018 00:15:00	48.96	-2.209	87
01/12/2018 00:30:00	48.939	-2.208	87
01/12/2018 00:45:00	48.92	-2.204	87
01/12/2018 01:00:00	48.899	-2.204	87
01/12/2018 01:15:00	48.883	-2.203	86.689
01/12/2018 01:30:00	48.863	-2.203	86
01/12/2018 01:45:00	48.846	-2.203	86
01/12/2018 02:00:00	48.824	-2.203	86
01/12/2018 02:15:00	48.809	-2.203	86
01/12/2018 02:30:00	48.789	-2.203	86
01/12/2018 02:45:00	48.77	-2.205	86
01/12/2018 03:00:00	48.752	-2.205	85.789
01/12/2018 03:15:00	48.731	-2.202	85
01/12/2018 03:30:00	48.712	-2.203	85

Showing 1 to 15 of 2,968 entries

Previous 1 2 3 4 5 ... 198 Next

Imatge 8.10: Taula amb les variables de tensió, corrent i SOC de la bateria durant el mes de Desembre generada pel servidor web

Finalment, si es volen descarregar aquestes dades per exportar-les a un programa extern només cal clicar sobre la icona “Exportar” i automàticament es descarregarà un fitxer en format csv amb totes les dades. El format csv (*comma-separated values*) és un format molt senzill utilitzat per importar o exportar grans quantitats de dades, sobretot d’aplicacions. Un csv és , en definitiva, un arxiu de text que emmagatzema les dades en forma de columnes separades per comes i files separades per salts de línia.

8.3. Tractament de les dades

En aquest cas concret s'han descarregat les següents variables dels dispositius "4k", "CVM-1D L1", "CVM-1D L2" i "CVM-1D L3" No s'han descarregat ni les variables de "Esdeveniments del sistema" ni les del "EDS" ja que en el primer cas no hi ha històric de dades i en el segon les variables que existeixen són de comptadors i són totes igual a 0.

Dispositiu	Variable	Unitats
Inversor 4k	Tensió de la bateria	V
	Corrent de la bateria	A
	Potència Activa de la bateria	W
	SOC /Estat de càrrega de la bateria	%
	Temperatura de la bateria	C
	Energia de càrrega de la bateria	kWh
	Energia de descàrrega de la bateria	kWh
	Tensió dels panells	V
	Corrent dels panells	A
	Potència Activa dels panells	W
	Energia dels panells	kWh
CVM-1D L1 , L2 , L3	Tensió de la línia	V
	Corrent de la línia	A
	Potència Activa de la línia	kW
	Potència Activa de la línia Min	kW
	Potència Activa de la línia Max	kW

	Potència Capacitiva de la línia	kvarC
	Potència Capacitiva de la línia Min	kvarC
	Potència Capacitiva de la línia Max	kvarC
	Potència Inductiva de la línia	kvarL
	Potència Inductiva de la línia Min	kvarL
	Potència Inductiva de la línia Max	kvarL
	Factor de potència (FP)	----
	Potència Aparent de la línia	kVA
	Potència Aparent de la línia Min	kVA
	Potència Aparent de la línia Max	kVA
	Energia Activa de la línia	kWh
	Energia Capacitiva de la línia	kvarCh
	Energia Inductiva de la línia	kvarLh

Taula 8.1: Taula amb les variables que s'han descarregat de cada dispositiu

A l'hora de decidir quines eren les variables que es descarregarien del inversor 4k, s'ha decidit prescindir de les variables d'alarmes i d'estats ja que la majoria o bé estaven buides, eren incoherents o eren irrelevantes de cara l'estudi del funcionament del sistema. També s'han obviat les variables referents a la xarxa ja que, al ser una instal·lació aïllada, no hi ha cap component que hi estigui connectat i per estudiar el consum es faran servir les dades dels analitzadors de xarxa de les 3 línies.

En el cas dels analitzadors de xarxa CVM-1D, s'ha decidit descartar totes les variables referents a potència i energia “-” ja que són igual a 0.

Per fer l'estudi es disposa de dades generades cada 15 minuts des del 20 de Març del 2018 a les 19:00h (20/3/18 19:00) fins al 18 de Desembre del 2018 (18/12/18 18:00). Aquests valors

generats cada 15 minuts corresponen al valor instantani d'aquella hora exacta en totes les variables excepte aquelles que representen màxims i mínims, on el valor generat serà el més gran o el més petit del interval de temps segons correspongui, i en el cas de l'energia, en el que el valor és el total d'energia generada durant aquells 15 minuts.

Degut a la limitació del servidor web gran quantitat de dades emmagatzemades en els dispositius i la limitació del servidor web per mostrar-les, tan en el cas de l'inversor "4k" com en el dels analitzadors de xarxa "CVM-1D" s'han hagut de descarregar les dades en fitxers diferents. En el cas del inversor han calgut 2 fitxers i en el cas dels analitzadors de xarxa han calgut 3 fitxers per cadascuna de les 3 línies, és a dir un total de 11 fitxers de dades.

Un cop descarregades totes les dades en diferents arxius csv, el següent pas és obrir-les amb el programa d'anàlisi i preparar-les per a poder treballar còmodament.

Per tractar i manipular les dades es farà servir el programa **Excel** del paquet Microsoft Office. D'aquesta manera s'espera cobrir totes les necessitats de l'estudi.

Si s'obre un arxiu csv en format de llibre d'Excel, trobem les dades en el següent format (veure *Imatge 8.11*): una columna "Data/hora" del tipus "d/m/aa h:mm" (dia/mes/any hora:minut) seguit de tantes columnes com variables del dispositiu hi hagi al arxiu i cadascuna d'aquestes columnes amb 26.000 aproximadament files amb els seus respectius valors.

	A	B	C	D	E
1	Fecha/hora	4k.Tension Bateria (V)	4k.TensiVzn red L1 (V)	4k.Tension PV (V)	4k.Corriente Bateria (A)
2	20/3/18 19:00	48.913	9.096	178.248	-4.919
3	20/3/18 19:15	48.865	9.111	92.375	-5.069
4	20/3/18 19:30	48.917	9.149	3.605	-4.469

Imatge 8.11: Format en que apareixen les dades al obrir-les amb l'Excel

Abans d'analitzar les dades i per de poder-les manipular còmodament, ha calgut substituir el separador decimal en forma de punt per comes per tal que el programa no el confongués amb un separador de milers.

8.4. Anàlisi del funcionament de la instal·lació aïllada

L'objectiu d'aquest apartat és el d'estudiar els paràmetres més rellevants d'alguns dels elements de la instal·lació, com es relacionen entre si i quins efectes tenen sobre el seu funcionament.

El tipus d'anàlisi que es farà a continuació és un anàlisi descriptiu, és a dir, que s'utilitzarà l'històric de dades del que es disposa per fer una explicació detallada del funcionament de la instal·lació fotovoltaica aïllada i descriure, entendre i avaluar el seu estat actual. Per tant, a priori, no es faran prediccions de futur ni es proposaran models d'optimització del sistema.

L'estudi que es realitzarà serà un estudi de tipus lineal i amb variables quantitatives.

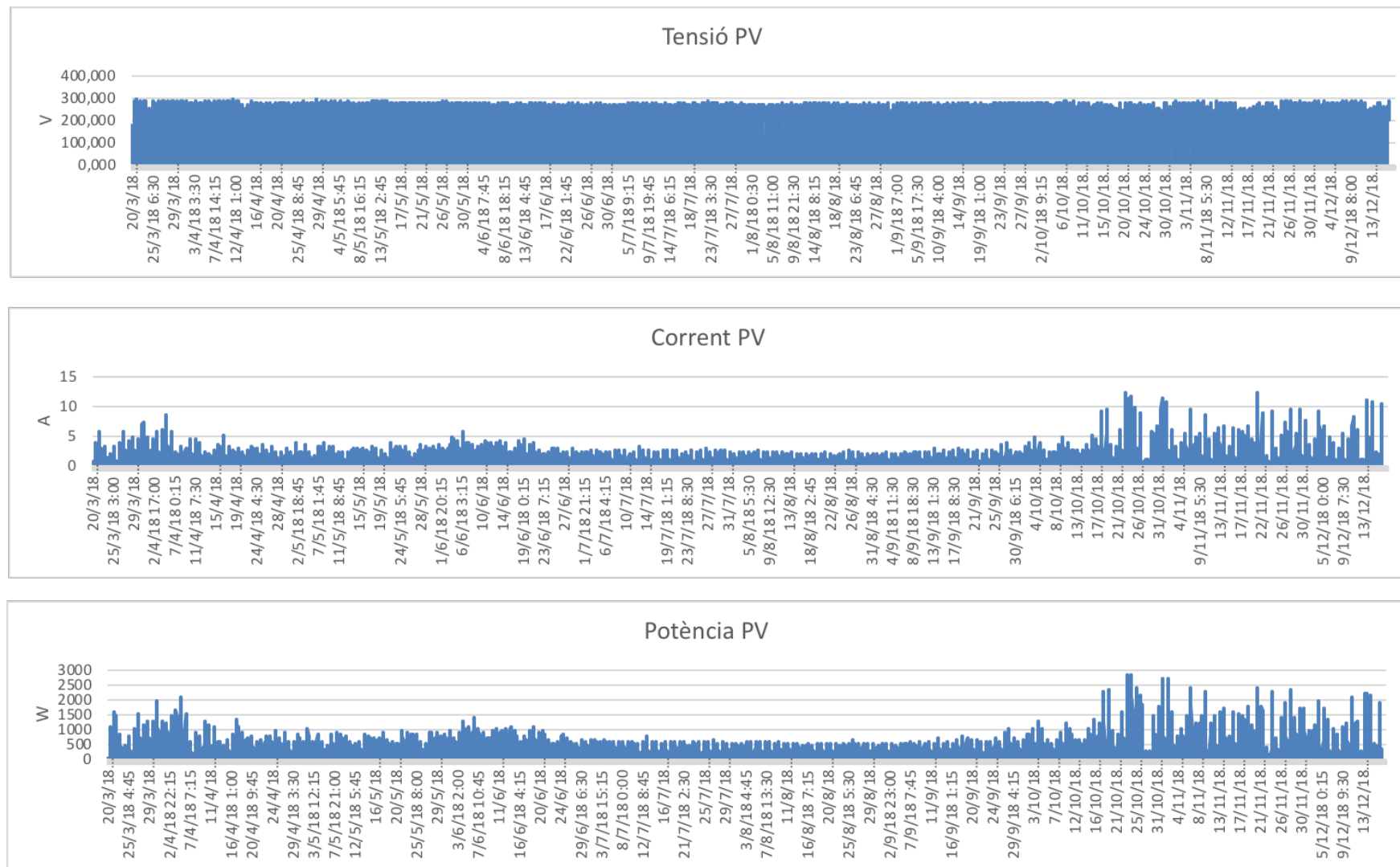
Es començarà analitzant les variables més importants sobre els panells fotovoltaics i la generació, se seguirà amb la bateria i finalment s'analitzarà el consum de les tres línies que alimenten els endolls de la biblioteca de l'ETSEIB.

8.4.1. Panells fotovoltaics (PV)

Abans d'analitzar el funcionament dels panells fotovoltaics cal recordar que aquest està subjecte a la gestió del inversor híbrid i que per tant la generació produïda depèn del consum de les línies i el nivell de càrrega de la bateria en cada moment.

Cal recordar que es disposa de 4 files de 4 panells fotovoltaics de la marca

El primer pas a l'hora d'estudiar el comportament dels panells solars ha sigut confeccionar uns gràfics amb la totalitat de les dades. S'han graficat les variables de tensió, corrent, potència i energia dels panells des del 20 de Març del 2018 a les 19:00h fins al 18 de Desembre del 2018 a les 18.00h (veure *Gràfica 8.1*).

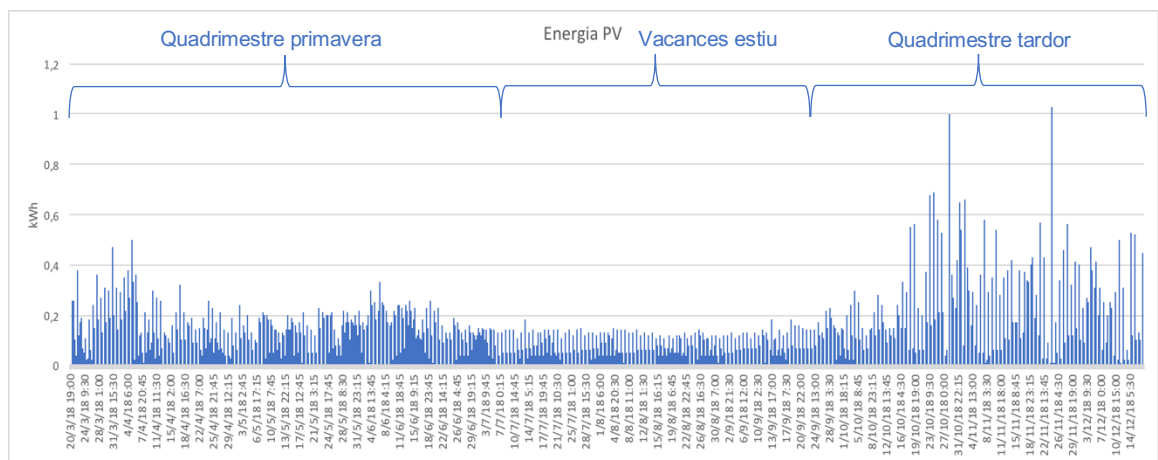


Gràfica 8.1: Gràfiques de la tensió, el corrent i la potència dels panells fotovoltaics

Degut a la gran quantitat de dades dels gràfics resulta difícil observar un patró de comportament específic per qualsevol de les variables però aquesta manera de visualitzar les variables permet identificar comportaments anòmals i diferències globals en el comportament segons les èpoques de l'any. Pel que fa a la tensió dels panells, aquesta manera de visualitzar les dades no es gaire orientativa ja que només ens informa dels valors màxims que aquesta assolix durant aquest període de temps però no permet identificar patrons de comportament concret. Caldrà doncs estudiar-ne el comportament en un període de temps més curt.

Al analitzar la *Gràfica 8.2*, de seguida s'observa que els dibuixos del corrent, la potència i l'energia són molt similars. Això es deu a la linealitat que relaciona aquestes variables i que es veu a simple vista amb les fórmules $P=V \cdot I$ i $P=E \cdot t$; per tant aquest comportament era d'esperar.

Així doncs, per estudiar els resultats de generació s'utilitzarà la variable de la energia generada en kWh però les conclusions extretes seran vàlides també per el corrent i la potència. A continuació es presenta un gràfic que mostra el comportament de l'energia generada durant els 9 mesos dels que es disposen dades.



Gràfica 8.2: Gràfica de l'energia generada durant el 2018

Segons la generació d'energia es poden diferenciar clarament 3 zones en el gràfic: la equivalent a la segona part del quadrimestre de primavera que va de finals de Març a principis de Juliol, la que equival a les vacances d'estiu que van de principis de Juliol a mitjans de Setembre i finalment la que equival al quadrimestre de tardor que va de mitjans de Setembre fins a mitjans de Desembre.

En la segona part del quadrimestre de primavera la generació és força constant però es poden destacar dos pics que coincideixen amb l'època d'exàmens parcials i finals respectivament. Això succeeix perquè el inversor de la instal·lació està programat de forma que gestiona la generació en funció de la demanda i el SOC de la bateria. En aquest cas, doncs, el augment de demanda per part dels estudiants en les èpoques d'exàmens es va traduir en un augment de la generació en aquest període.

Durant les vacances d'estiu seria lògic pensar que com hi ha molta irradiació la generació serà major però, pel mateix motiu que en el cas anterior, al estar tancada la biblioteca no hi ha demanda i per tant el inversor retalla la generació dels panells als valors mínims necessaris per les funcions de manteniment del equip.

A partir de mitjans de Setembre s'observa com la generació solar comença a pujar gradualment coincidint amb el començament de les classes i l'obertura de la biblioteca i arriba a un primer pic entre mitjans i finals d'Octubre, època on els estudiants comencen a preparar els exàmens parcials que són al final del mes. En aquest cas, es creu que els valors de generació són superiors als de les dues èpoques d'exàmens del quadrimestre anterior ja que degut a l'acumulació de dies de poca radiació solar en un període amb molta demanda i baix nivell del SOC de la bateria, l'inversor va haver d'utilitzar tota l'energia possible dels panells per carregar les bateries i suplir la demanada. Cal tenir en compte també el fet que encara que durant aquesta època de l'any hi ha menys hores de sol, el rendiment dels panells augmenta al disminuir la temperatura del exterior.

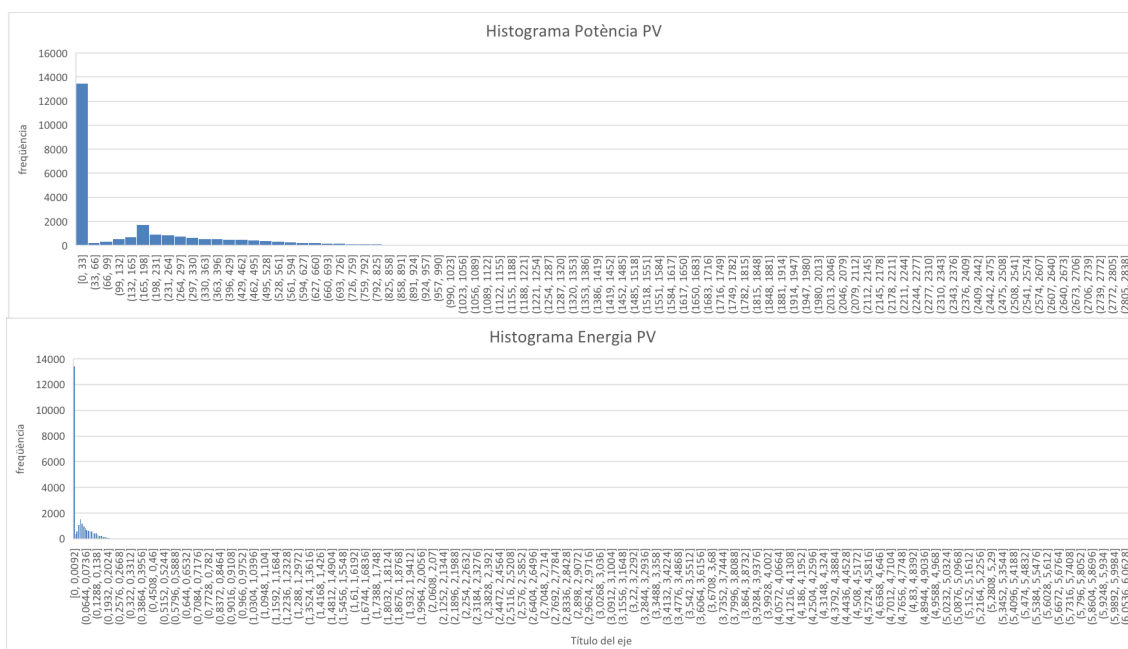
De totes maneres es comprovarà si aquestes hipòtesis són certes quan s'estudiïn el comportament de la bateria i el consum de les 3 línies.

Durant els dos mesos següents la generació continua sent elevada fent un segon pic a finals de Novembre.

Per a veure els valors més freqüents que adquireixen la potència i l'energia i la tendència de les dades, s'han confeccionat dos histogrames, un per cada variable (veure *Gràfica 8.3*).

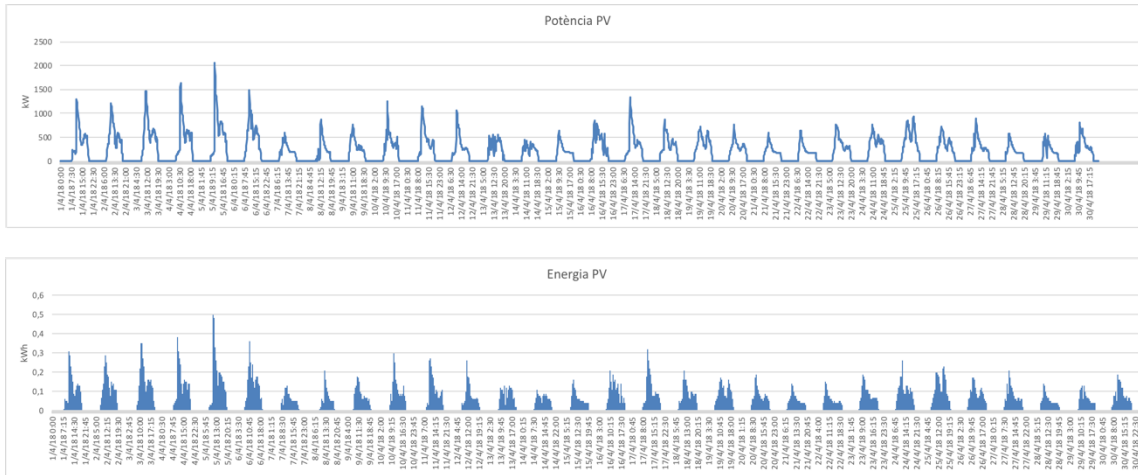
Per les dos variables els valors que apareixen amb més freqüència són els més petits i propers al 0, ja que de nit no hi ha generació i hi ha moltes hores de transició en que aquesta no arriba encara a valors considerablement alts.

En cap dels dos casos s'aconsegueix identificar una forma que faci pensar que les dades segueixen una distribució de probabilitat concreta.



Gràfica 8.3: Histogrames de la potència i l'energia generades pels panells fotovoltaics

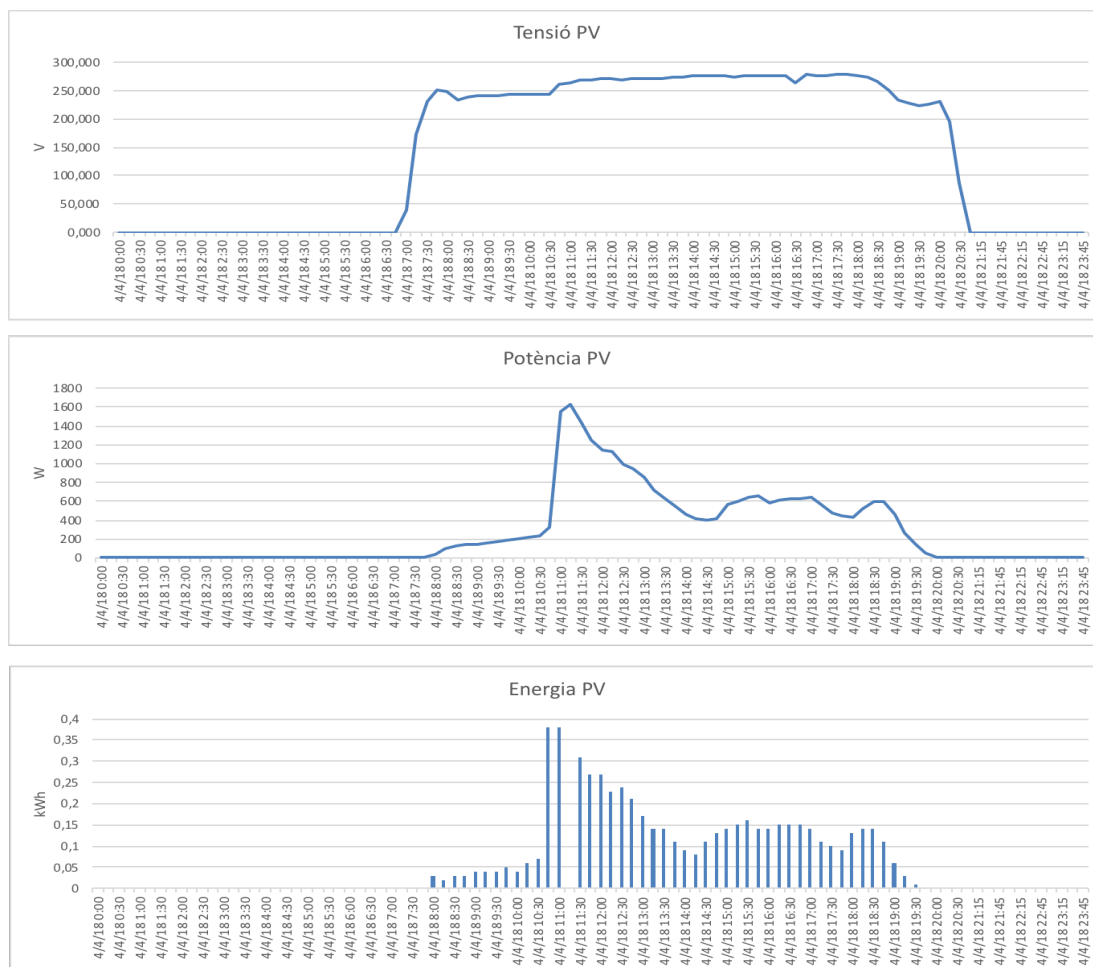
Si s'observen ara els mateixos gràfics però només d'un mes, per exemple l'Abril, es pot veure com totes les variables segueixen un patró diari que coincideix amb les hores en que els panells reben irradiació. Aquest tipus de visualització permet veure que en cap cas es genera energia en les hores on els panells no reben irradiació i que, en aquest sentit el sistema funciona correctament.



Gràfica 8.4: Gràfiques de la potència i l'energia generada el mes d'Abril del 2018

Si es mostren ara les dades d'un dia sencer, per exemple el Dimecres 4 d'abril del 2018, es pot veure perfectament com la tensió té forma de graó i val aproximadament 260 V sempre que els panells rebin un mínim d'irradiació. Com es pot comprovar, la potència i energia generades tenen gairebé el mateix dibuix i en els dos casos creixen en funció de la irradiació que rebin i la demanda energètica del moment.

En aquest cas en concret es comença a generar energia quan les plaques reben els primers rajos de sol cap a les 8:00h i creix fins a arribar al màxim entre les 10:45 h i les 11:00h del matí. A partir d'aquí s'observa que l'energia baixa al migdia coincidint amb l'hora de dinar (poca demanda), puja lleugerament al principi de la tarda (cap a les 15:00h) i torna a baixar fins a arribar a 0 quan els panells ja no reben irradiació (cap a les 20:00h) (veure Gràfica 8.5).



Gràfica 8.5: Gràfiques de la tensió, la potència i l'energia del 4 d'Abril del 2018

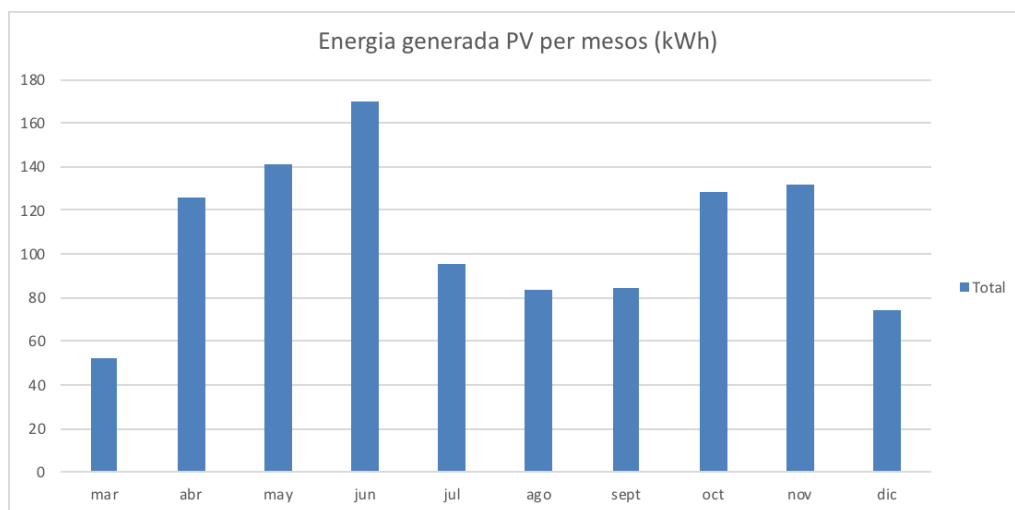
Per concloure, s'ha realitzat la *Taula 8.2*, una taula resum amb alguns dels valors més rellevant de l'estudi del funcionament dels panells solars i s'ha elaborat un gràfic i una taula amb el total d'energia generada durant cada més i en total.

	Màxim	Condicions de contorn
Tensió PV	292,543 V	29/4/18 15:00
Corrent PV	12,227 A	21/11/18 10:30
Potència PV	2835,522 W	24/10/18 12:00
Energia PV	1,03 kWh	24/11/18 10:45

Taula 8.2: Taula amb els valors màxims de la tensió, el corrent, la potència i l'energia dels panells

Mes	Suma Energia PV (kWh)
mar	52,3
abr	126,18
may	141,45
jun	169,69
jul	95,16
ago	83,3
sept	84,85
oct	128,67
nov	131,71
dic	74,1
Total	1087,41

Taula 8.2: Taula amb l'energia generada pels panells cada mes i en total



Gràfica 8.6: Gràfica amb l'energia total generada cada mes

Per tenir una orientació de la situació actual s'ha consultat una aplicació del PVGIS (*Photovoltaic Geographical Information System*), en la que, introduint els paràmetres de la instal·lació i senyalitzant la seva situació en el mapa, permet fer un càlcul teòric que estima la generació que hauria d'haver tingut la instal·lació.

Si es comparen els valors obtinguts de l'estudi amb el càlcul del PVGIS es pot veure que difereixen molt. Això era d'esperar doncs, com s'ha explicat anteriorment, el inversor híbrid retalla la generació fotovoltaica en funció del consum i del estat de càrrega de la bateria. Així doncs, les diferències més notables es localitzen sobretot durant Juliol i Agost on la irradiació és més alta i hi ha menys consum perquè la biblioteca és tancada.

PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 41°23'5" North, 2°6'56" East, Elevation: 76 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 4.0 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 10.5% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 4.2%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 26.3%

Fixed system: inclination=60°, orientation=110°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	3.64	113	1.27	39.5
Feb	5.80	162	1.92	53.9
Mar	9.65	299	3.17	98.2
Apr	11.50	346	3.81	114
May	14.10	439	4.75	147
Jun	15.50	466	5.32	160
Jul	14.80	460	5.14	159
Aug	12.70	393	4.39	136
Sep	9.59	288	3.28	98.4
Oct	6.71	208	2.31	71.5
Nov	4.08	122	1.43	42.9
Dec	3.09	95.8	1.12	34.6
Yearly average	9.29	283	3.17	96.3
Total for year		3390		1160

E_d : Average daily electricity production from the given system (kWh)

E_m : Average monthly electricity production from the given system (kWh)

H_d : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

H_m : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Taula 8.3: Taula de càlculs teòrics de la generació energètica de la instal·lació segons el PVGIS . Taula extreta de [34]

8.4.2. Bateria

Com s'ha introduït en l'apartat 7.1 *Descripció de la instal·lació fotovoltaica* aïllada, aquesta instal·lació disposa una bateria d'àcid plom de 48 V del tipus monoblock i model TOPzS de la marca *Vesna Solar* composta per 24 cel·les de 2 V cadascuna connectades en sèrie. Tot i que la tensió nominal de la cel·la es 2 V, aquesta fluctua entre els 1,8 V i els 2,4 aproximadament segons el nivell de càrrega que tingui. Tanmateix, és important per garantir la vida útil que el voltatge es mogui dintre aquests límits, sobretot per sobre del inferior ja que si s'està molta estona per sota aquest és quan apareix el fenomen de la sulfuració.

Aquestes bateries son capaces de treballar a temperatures que van dels -20 °C i 55 °C, es recomana que ho facin entre 10 °C i 30 °C i treballen de forma òptima entre els 20 °C i els 25 °C.

Igual que passava amb els panells solars, el flux que entra i surt de la bateria està controlat pel regulador de càrrega que porta incorporat el inversor híbrid de la instal·lació amb l'objectiu d'allargar la vida útil de la bateria i satisfer la demanda.

Per estudiar-ne el comportament, s'han seguit els mateixos passos que s'han utilitzat per als panells solar: en primer lloc s'han representat els paràmetres principals de la bateria de forma global per detectar patrons de comportament i anomalies i després, alguns s'han representat durant un mes i durant un dia per analitzar més concretament aquests patrons.

Per analitzar les variables representades durant els gairebé 9 mesos dels que es disposa dades, es faran servir els 3 períodes de temps introduïts en l'estudi dels panells: quadrimestre de primavera, vacances d'estiu i quadrimestre de tardor.

Al Annex B , podem observar els gràfics que mostren la totalitat de les dades de la temperatura i la tensió de la bateria., dos paràmetres que tenen una repercussió directe amb la vida útil de la bateria.

La **temperatura** té un comportament molt constant al llarg dels quasi 9 mesos sent **23,258 °C** la temperatura mínima enregistrada i **24,456 °C** la màxima. La primera va ser enregistrada el 8 d'Agost del 2018 a les 20:45h enmig de les vacances d'estiu on la instal·lació feia un mes que treballava amb energia mínima ja que no hi havia consum perquè la biblioteca era tancada

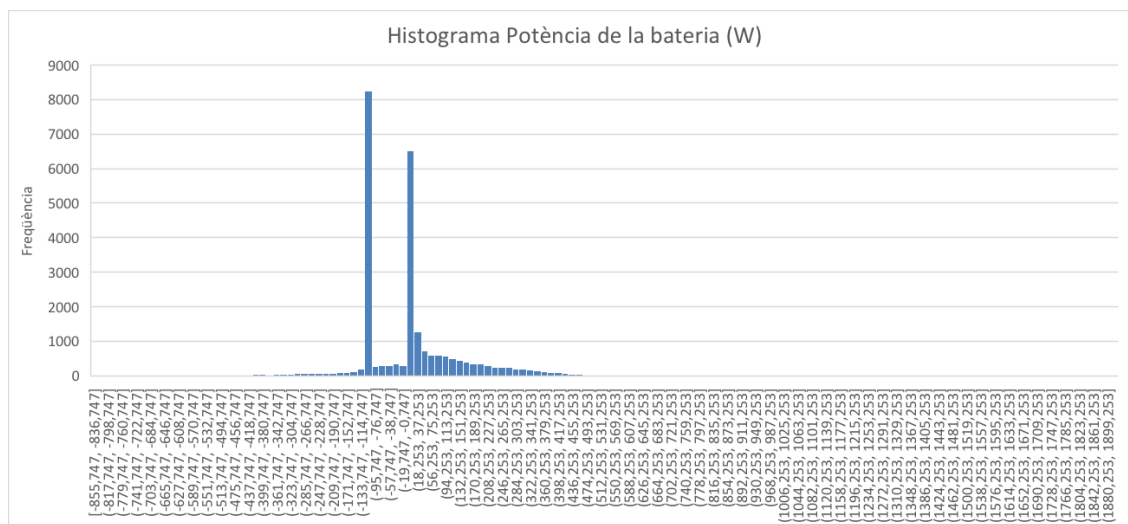
i s'estima que la temperatura exterior era d'uns 20°C; i la segona va ser enregistrada el 6 de juny de 2018 a les 12:45 h del migdia coincidint amb el principi de l'època d'exàmens finals del quadrimestre de primavera i en un mes i una hora on la temperatura exterior podia ser d'uns 25 °C o superior. Així doncs, es pot dir que s'ha treballat en tot moment en un rang de temperatura òptim que garanteix un bon funcionament de la bateria i poc deteriorament.

La **tensió** de la bateria també es manté força constant al llarg de tot aquest període tot i que a finals d'any s'observen petites fluctuacions i valors de tensions generalment més baixos coincidint amb l'augment de la demanda i la disminució del SOC de la bateria.

El màxim valor de tensió enregistrat es de **55,94 V**, es va produir el 17 de Desembre del 2018 a les 7:30 h del matí i s'atribueix al pic d'una pujada de tensió, en un període on el SOC de la bateria era baix, provocada pels primers rajos de llum que van rebre els panells i van transformar en energia que es va enviar íntegrament a la bateria perquè en aquella hora no hi ha consum. El mínim valor enregistrat és de **45,64 V**, es va produir el 13 de Desembre del 2018 a les 12:15 h del matí i s'atribueix a un moment de consum alt on la bateria s'està descarregant i el Soc del que es partia era baix. Si dividim aquest dos valors entre les 24 cel·les que conté la bateria obtenim un rang de treball de 1,9 V-2,32 V per cel·la i per tant es pot afirmar que no s'han patit fenòmens de sobretensió ni de sulfuració de la bateria.

Si es fa un cop d'ull a la *Gràfica 8.8*, de seguida es torna a veure que el **corrent** i la **potència** tenen un dibuix quasi idèntic. Aquest cop per això, com que les dues variables adquireixen valors negatius, cal concretar que el criteri de signes que s'utilitza per a interpretar les dades és positiu per a la potència i corrent que entra a la bateria i negatiu per a la que surt.

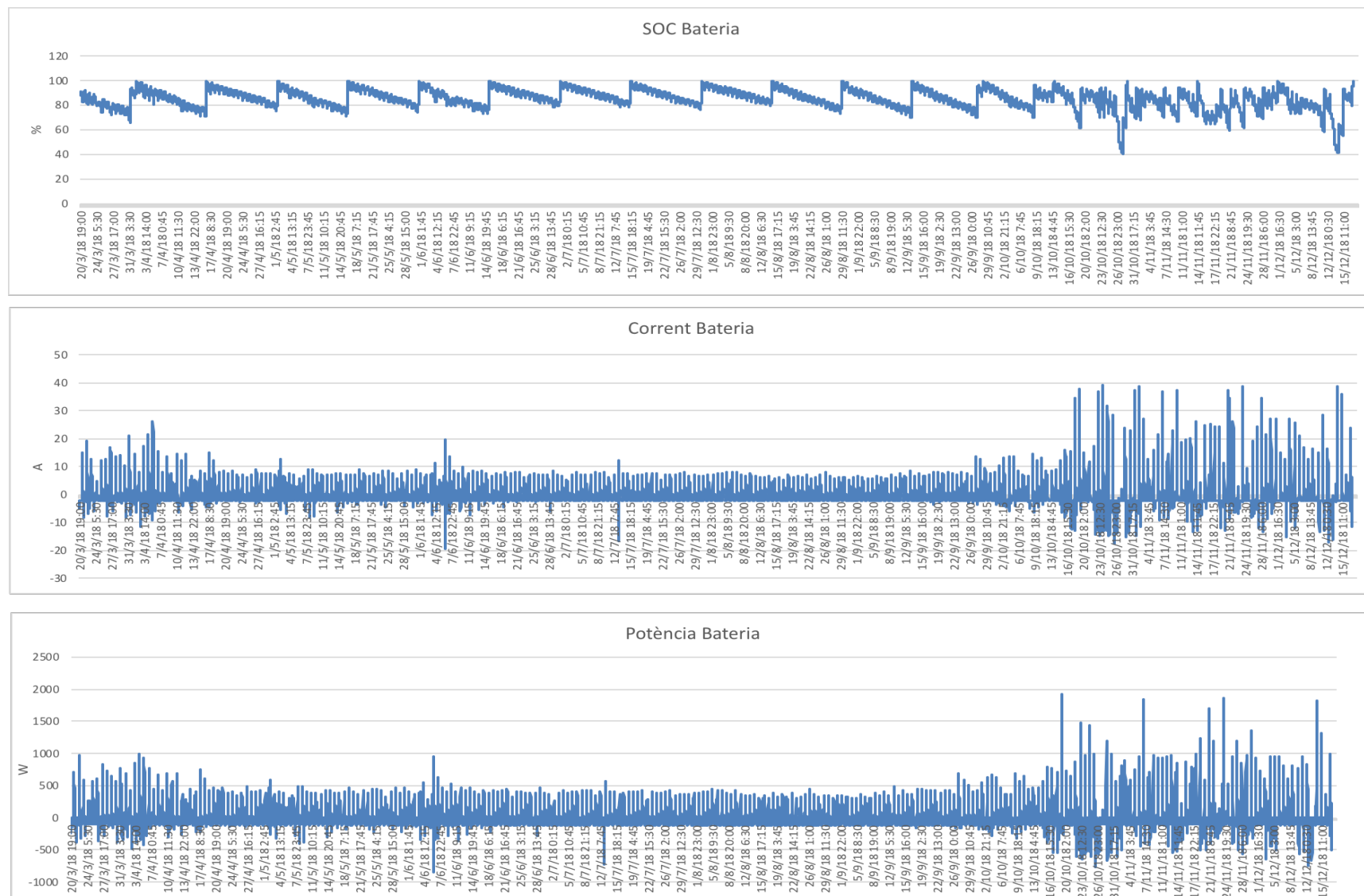
S'ha confeccionat un histograma per estudiar la tendència dels valors de potència de la bateria.



Gràfica 8.7: Histograma de la potència de la bateria

Pel que fa a les dades cal destacar que no segueixen cap patró en concret i no pertanyen a cap distribució. Els rangs que contenen els valors amb més freqüència d'aparició són $[-114,747;-95,747]$ W amb una freqüència de 8256 i $[-0,747;18,253]$ amb una freqüència de 6523.

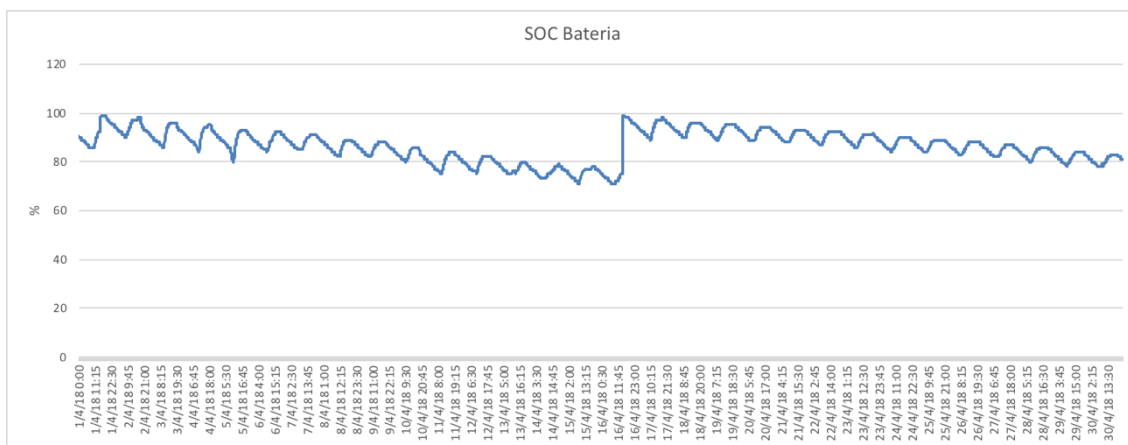
En referència a la Gràfica 8.8, les dues s'observa que, coincidint amb els períodes d'exàmens, tant el corrent com la potència són poc constants i fluctuen entre valors positius i negatius mentre que durant les vacances d'estiu els valors de les dues són molt més constants. S'observa sobretot molt aquest fenomen de mitjans d'Octubre fins al final de l'any i s'atribueix al augment de la demanda d'energia sumat a la poca irradiació rebuda durant aquells dies per culpa del clima i les poques hores de llum.



Gràfica 8.8: Gràfiques del estat de càrrega (SOC), el corrent i la potència de la bateria

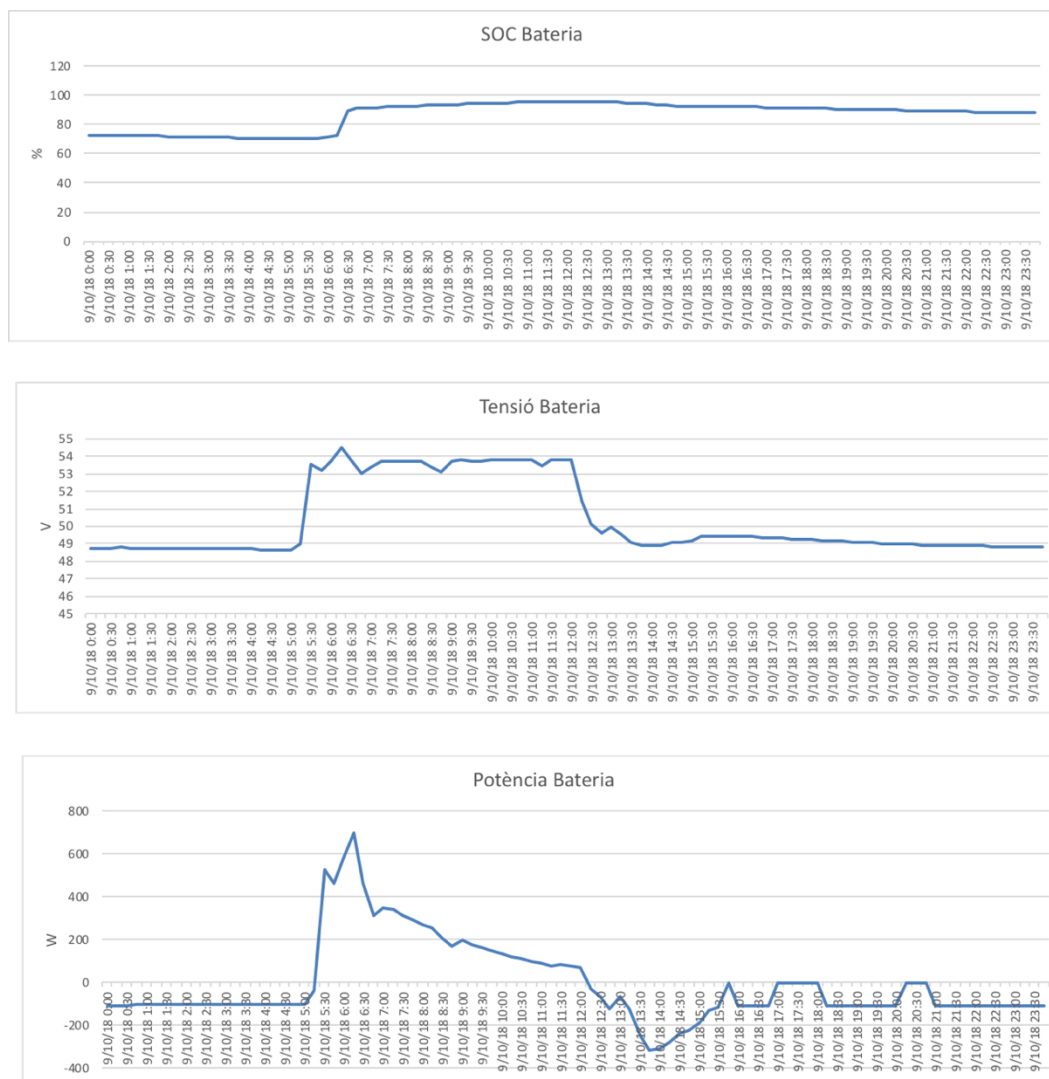
Pel que fa al estat de càrrega de la bateria (**SOC**), al veure la *Gràfica 8.8* de seguida s'identifica un patró de comportament periòdic que es repeteix des del primer dia en que es tenen dades fins a mitjans d'Octubre. En principi es podria pensar que, tal i com s'explica en l'apartat 7.1 *Descripció de la instal·lació fotovoltaica*, el fet que el inversor híbrid reguli el flux d'energia mitjançant un valor de SOC Min (50%) i un valor de SOC Rec (70%) fa que quan s'arriba al SOC Min es deixin d'alimentar les línies per utilitzar tota l'energia generada pels panells per a carregar la bateria fins que s'arribi al valor de SOC Rec que es tornen a connectar. El inversor també està programat perquè quan el SOC sigui menor als valors de 55%, 60% i 65% corresponents a L1, L2 i L3 respectivament es disconnectin les línies pertinents. No obstant, s'ha descartat aquesta opció com una explicació al fenomen observat ja que la majoria d'increments bruscs del SOC es donen des de valors superiors al 65%. Si es visualitza el SOC en un període de temps més curt, per exemple un mes, s'observa que aquest cicle es repeteix aproximadament cada dues setmanes. En la *Gràfica 8.9* s'han representat els valors del SOC en el més d'Abril s'observa que el valor més baix al que s'arriba abans que augmenti bruscament és 76% a les 15:00 del 16 d'Abril i que el següent valor del que es disposa és 96 % a les 15:15, el que significa un augment del soc del 20% en tant sols 15 minuts.

Aquest gràfic també és útil per il·lustrar el patró diari de càrrega i descàrrega que coincideix, o hauria de fer-ho, amb les hores en les que els panells reben irradiació.



Gràfica 8.9: Gràfica del estat de càrrega (SOC) de la bateria durant el mes d'Abril de 2018

Per continuar investigant el fenomen, s'ha confeccionat els gràfics de la tensió, la potència i el SOC de la bateria del dia 9 d'Octubre del 2018 en el que es produeix un d'aquests augments sobtats del nivell de l'estat de càrrega.



Gràfica 8.10: Gràfiques del SOC, tensió i potència de la bateria durant el 9 d'Octubre de 2018

En aquest cas concret s'observa que el salt es produeix de 6:15h a les 6:30h del matí i que és d'un 15%. Aquest fet és improbable per dos motius: el primer és el considerable augment del SOC en tant sols 15 minuts i el segon és que a les 6:30h del matí els panells no reben llum solar. A més a més si s'analitzen els gràfics de la potència i de la tensió es pot observar com la potència adquireix valors positius (entra a la bateria) i la tensió valors de càrrega a partir de les 5:30h, fet que per la mateixa raó és del tot inversemblant.

Data (D/M/A h:mm)	SOC (%)	Corrent (A)	Tensió (V)	Potència (W)
9/10/18 5:30	70	9,805	53,541	525,429
9/10/18 5:45	70,71	8,725	53,199	464,363
9/10/18 6:00	71	12,436	53,707	577,015
9/10/18 6:15	72	14,486	54,461	696,014
9/10/18 6:30	89	8,486	53,83	459,952

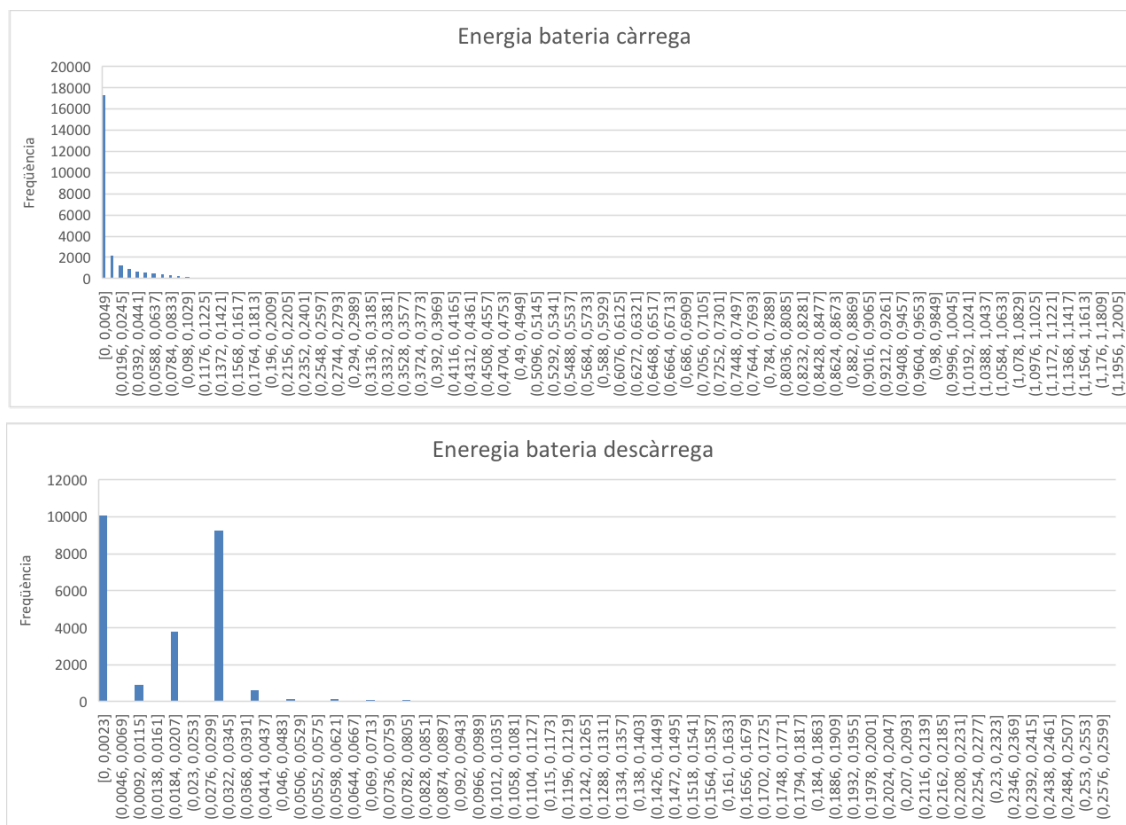
Taula 8.4: Taula amb valors de SOC, corrent, tensió i potència del 9 d'Octubre de 2018

A més a més si es calcula el **coeficient de correlació** entre la tensió i la potència s'obté el valor de **0,357** que és significativament baix tenint en compte la relació que existeix entre aquestes variables.

Com que no s'ha trobat una explicació concreta al fenomen observat, més enllà d'hipòtesis, s'ha decidit no tenir en compte l'estat de càrrega per realitzar l'estudi.

A l'hora d'estudiar l'**energia**, no cal diferenciar un criteri de signes ja que el propi inversor l'ha separat en energia de càrrega, que correspon a l'energia que entra a la bateria de dels panells, i energia de descàrrega, que correspon a l'energia que surt de la bateria cap a les línies. Això, no obstant, ha resultat una mica problemàtic ja que, com les dades es prenen cada 15 minuts i aquest procés no és sempre exacte, hi ha casos on es tenen les dos simultàniament.

En primer lloc s'ha elaborat un histograma per veure quina tendència segueixen les variables.

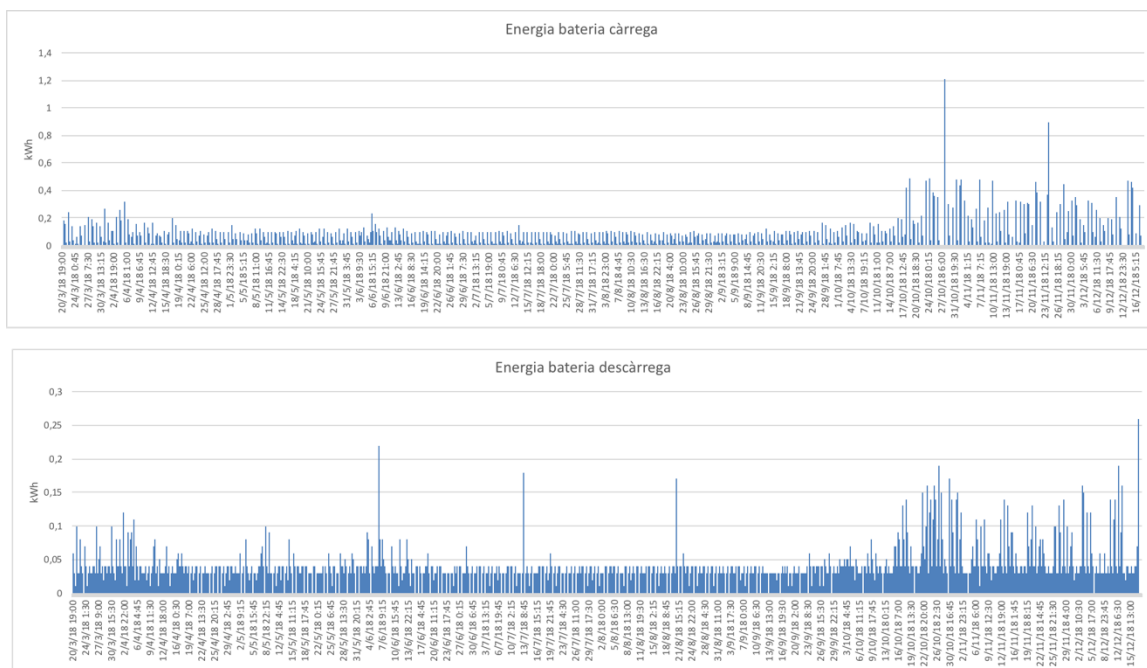


Gràfica 8.11: Histogrammes de l'energia de càrrega i descàrrega de la bateria

En aquest cas cap de les dues energies segueix una tendència definida o un patró específic que pugui fer pensar que pertanyen a una distribució concreta. Els rang de valors amb més freqüència d'aparició de l'energia de càrrega és el [0;0,0049] amb una freqüència de 17339 i

en l'energia de descàrrega els rangs amb més freqüència són $[0; 0,0023]$ i $[0,0276; 0,0299]$ amb 10100 i 9268 respectivament.

En la *Gràfica 8.12* s'han representat la totalitat de les dades dels dos tipus d'energia.

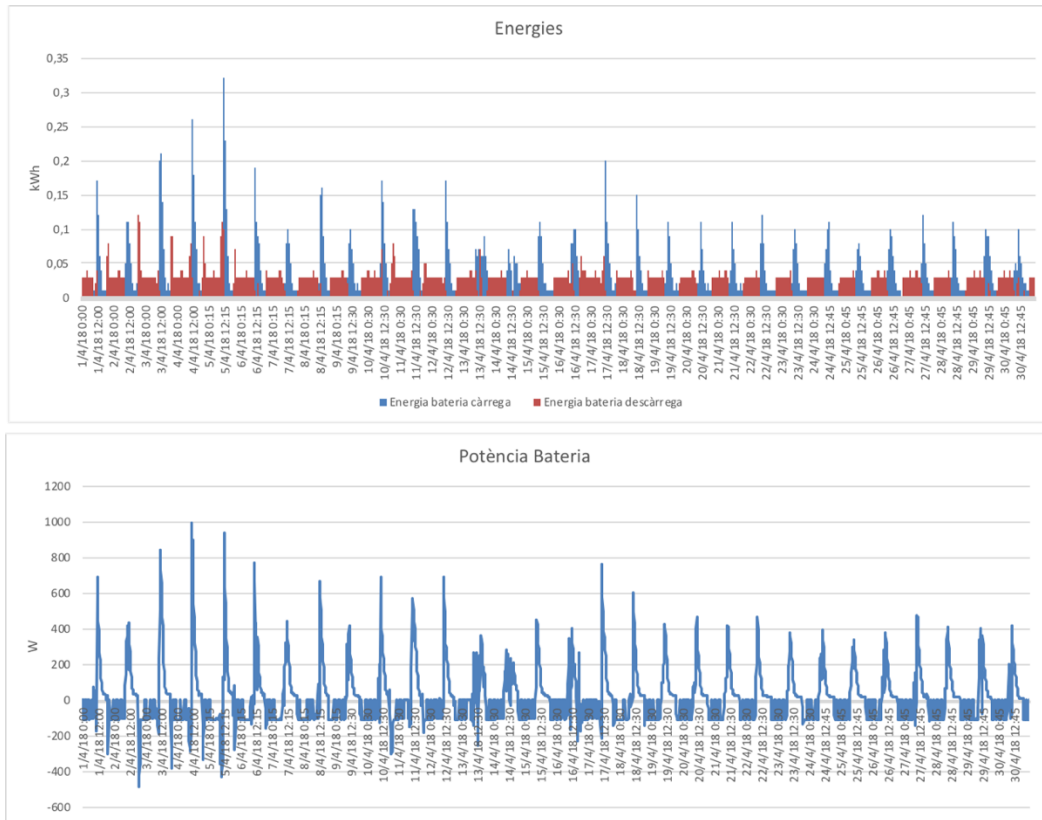


Gràfica 8.12: Gràfica de l'energia de càrrega i descàrrega de la bateria durant 2018

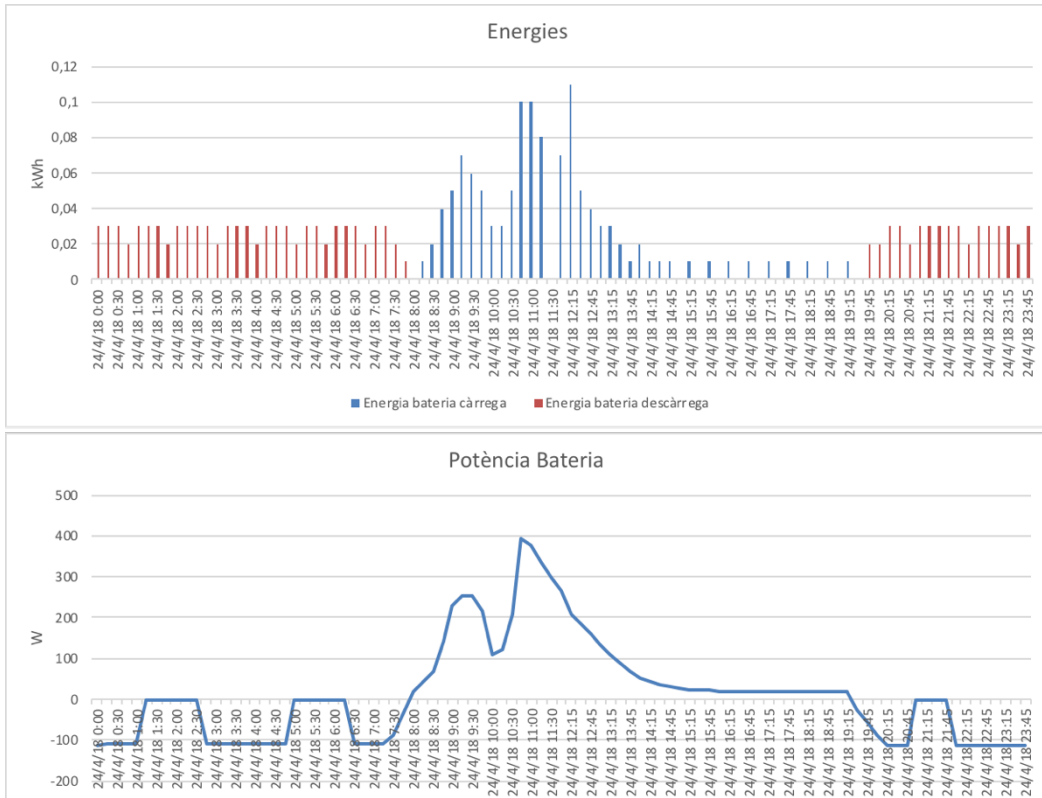
Tot i que aquesta manera de visualitzar les dades no permet extreure conclusions gaire precises, sí que permet descriure el comportament de les variables a través del temps de forma global.

En la mateixa línia que la potència, s'observa que en els períodes on la demanda és més elevada és quan hi ha més flux tant d'energia de càrrega com de descàrrega. Així doncs, s'identifica un augment moderat de l'activitat les últimes setmanes de Març i la primera d'Abril coincidint amb el període de parcials del quadrimestre de primavera, durant els primers dies de Juny coincidint amb el començament dels exàmens finals del mateix quadrimestre i finalment el període amb més activitat que coincideix amb els parcials d'Octubre del quadrimestre de tardor. El raonament que explica aquest comportament és el mateix que el que s'ha exposat per justificar el comportament del corrent i la potència.

A continuació s'han representat les dues energies i la potència durant un mes i un dia per veure de més de prop el comportament que tenen aquestes variables. Els gràfics corresponen al mes d'Abril i el dia 24 del mateix mes.



Gràfica 8.13: Gràfica de la potència i l'energia de càrrega i descàrrega de la bateria durant el mes d'Abril 2018



Gràfica 8.14: Gràfica de la potència i l'energia de càrrega i descàrrega de la bateria durant el 24 d'Abril de 2018

En la *Gràfica 8.13* s'observa com l'energia i la potència presenten un patró que es repeteix diàriament. Es veu també com, coincidint amb la setmana d'exàmens parcials, tant la potència com l'energia de càrrega i descàrrega és major degut al augment de la demanda d'energia elèctrica.

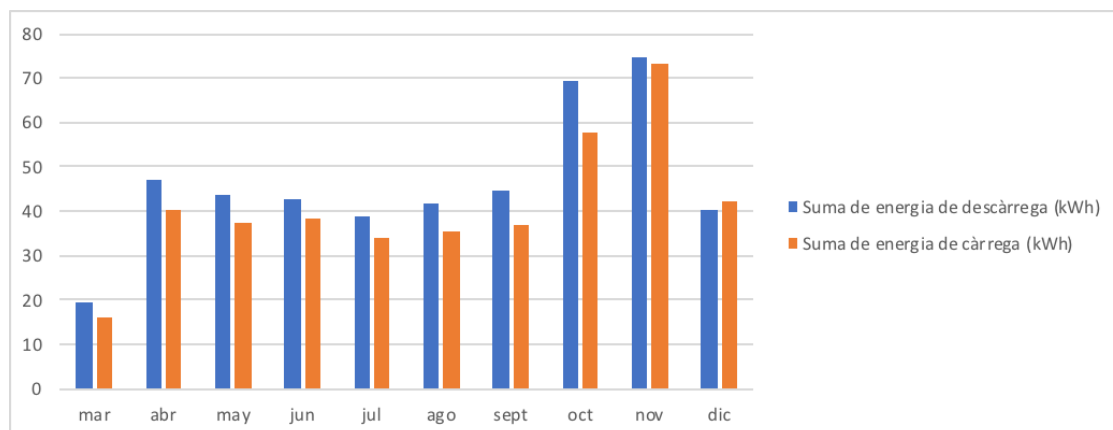
Si s'observa ara la *Gràfica 8.14*, es pot veure com la bateria es carrega en les hores del dia en que els panells generen energia i, en canvi, es descarrega quan aquests no ho fan. En aquest cas, la bateria es carrega des que els panells reben el primer raig de sol a les 8:15h del matí fins les 19.30h que reben l'últim. La quantitat d'energia que entra a la bateria depèn de la generació dels panells, la demanda, i el SOC de la bateria, és per això que es generen nivells d'energia més alts durant el matí. Tanmateix, aquest dibuix no sempre és igual; si es miren les dades d'un dia d'una altra època de l'any amb diferents hores de sol i una demanda i un nivell de SOC inicial diferents, el dibuix canviaria considerablement.

El mateix raonament i anàlisi s'aplica amb la potència on els valors negatius indiquen descàrrega de la bateria i els positius càrrega de la bateria.

Finalment s'han confeccionat la *Taula 8.5* i la *Gràfica 8.15* amb la quantitat total d'energia que s'ha utilitzat per carregar i descarregar la bateria cada mes.

Mes	Suma de energia de descàrrega (kWh)	Suma de energia de càrrega (kWh)
mar	19,37	16,22
abr	46,87	40,37
may	43,63	37,36
jun	42,75	38,28
jul	38,63	33,91
ago	41,91	35,7
sept	44,55	37,13
oct	69,31	57,92
nov	74,84	73,3
dic	40,52	42,08
Total	462,38	412,27

Taula 8.5: Taula amb el total d'energia de càrrega i descàrrega de cada mes i en total



Gràfica 8.15: Gràfica del total d'energia de càrrega i descàrrega de cada mes

També s'ha elaborat la *Taula 8.6* amb el promig mensual i anual d'energia de càrrega i descàrrega cada 15 minuts en kWh.

Mes	Promig de energia de descàrrega (kWh)	Promig de energia de càrrega (kWh)
mar	0,018274	0,015302
abr	0,016463	0,014180
may	0,014825	0,012695
jun	0,015000	0,013432
jul	0,013122	0,011518
ago	0,014328	0,012205
sept	0,015648	0,013042
oct	0,024595	0,020546
nov	0,026287	0,025746
dic	0,025532	0,026515
Total	0,018014	0,016061

Taula 8.6: Taula amb el promig d'energia de càrrega i descàrrega de cada mes i en total

D'aquesta manera es pot concloure que, degut a la manera que té l'inversor híbrid de gestionar el fluxos de la instal·lació, la energia de càrrega i descàrrega van força lligades, és a dir, que si surt un quantitat d'energia de la bateria haurà d'entrar una quantitat similar per tal en un període curt de temps per garantir el bon funcionament.

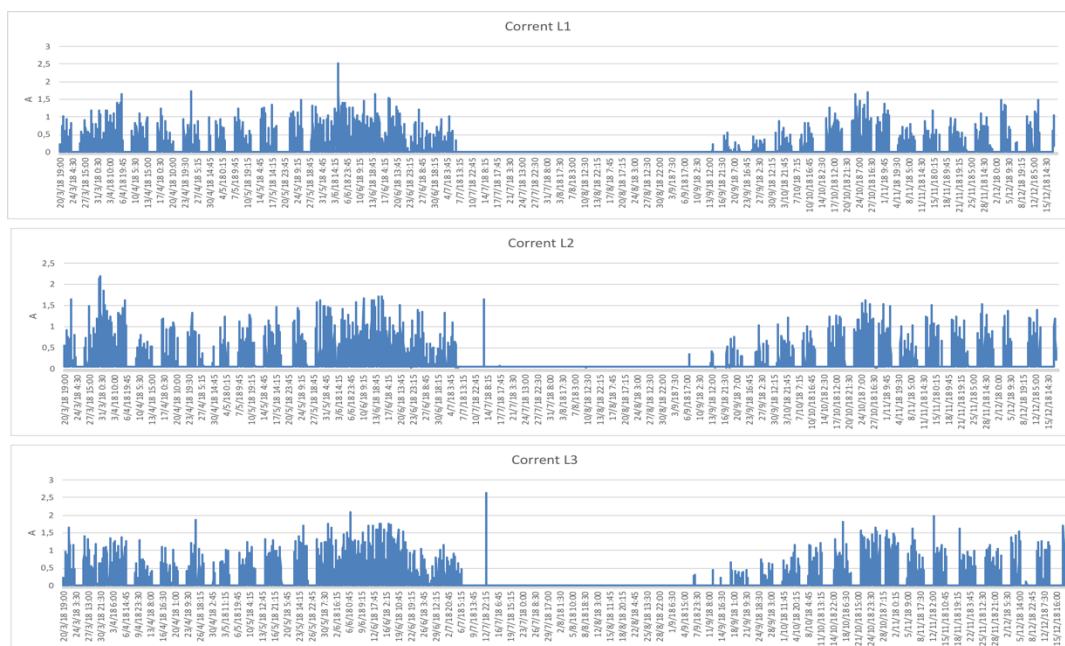
8.4.3. Consum de les línies

El consum de la instal·lació fotovoltaica de l'ETSEIB es divideix en tres línies diferents que alimenten 20 endolls de la biblioteca cadascun fent un total de 60 endolls.

Per tal d'estudiar el consum de les línies, s'estudiarà en primer lloc la tensió que tenen, es farà un cop d'ull a la demanda en forma de corrent, s'analitzarà la potència de cada línia i finalment s'estudiarà de la demanda de forma més detallada a partir de l'energia.

Per estudiar la **tensió** s'ha elaborat un gràfic (Annex B) que mostra l'evolució d'aquest paràmetre al llarg dels quasi 9 mesos per cada línia. Com era d'esperar, els gràfics de tensió de les tres línies són quasi idèntics entre les tres línies i els valors són molt constants. En els tres casos s'observa com a causa del augment del consum en les línies, en moments determinats es produeix una baixada de tensió. No obstant, en ningun dels casos aquesta arriba a valors que puguin provocar un mal funcionament dels aparells que hi ha connectats. Així doncs els mínims valors enregistrats per L1, L2 i L3 són respectivament 231,8 V per les dos primeres i 231,4 V per la tercera i els tres valors es donen durant la tarda del 4 de Juny del 2018, en l'època d'exàmens finals del quadrimestre de primavera en el que hi ha molta demanda.

Una de les maneres que hi ha d'estudiar la demanda de les línies és estudiant el **corrent** d'aquestes. És per això que s'ha elaborat un gràfic de corrent per cadascuna de les línies on es mostren la totalitat de les dades.



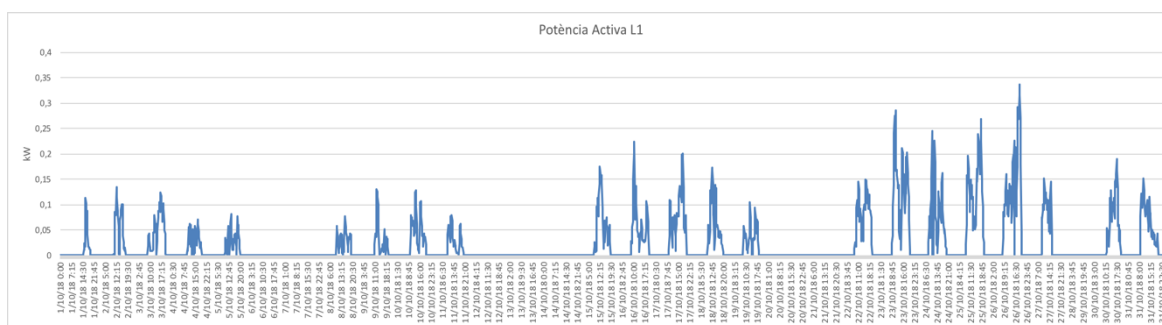
Gràfica 8.16: Gràfiques del corrent de L1, L2 i L3 durant el 2018

Al donar un cop d'ull a la *Gràfica 8.16*, de seguida es veu que són força semblants entre ells però que presenten diferències. Això és degut a que cada línia té associada 20 endolls que estan distribuïts d'una manera en concret a la sala d'estudi de la biblioteca, és a dir, que depèn de les preferències de l'estudiant i de la disponibilitat de llocs de la sala es consumirà més una línia que una altra.

Pel que fa al comportament, es torna a observar que, de forma global, el consum arriba als seus màxims en les èpoques d'exàmens i als seus mínims a l'estiu quan la biblioteca és tancada. No obstant, s'ha detectat un valor anòmal en forma de pic de corrent en la línia 2 i 3 (1,655 A i 2,624 A) a les 6:15h i 6:30h del matí del dia 13 de Juliol respectivament. Això és estrany ja que en aquelles dates ja han acabat les recuperacions i a aquesta hora del matí la biblioteca és tancada. Així doncs es desconexa la causa del fenomen que pot haver causat aquests pics de corrent tot i que se sospita que, per la data i la hora en la que s'han produït, es podrien haver fet servir els endolls de la sala per dur a terme tasques de manteniment en la pròpia sala. Degut a la linealitat que relaciona les variables, també es trobarà aquest pic quan s'estudiï la potència.

Per estudiar el consum a partir de la **potència**, igual que s'ha fet amb el corrent, s'han representat totes les dades que es tenen de potència activa, factor de potència i potència aparent de les 3 línies en tres gràfics que es poden veure a l'Annex B. Si s'analitzen els gràfics es pot veure com el consum en forma de potència es comporta de la mateixa manera que en forma de corrent.

Si ara representem la potència activa d'una línia, per exemple, la línia 1 en un període d'un mes, per exemple l'Octubre de 2018, obtenim la *Gràfica 8.17*.

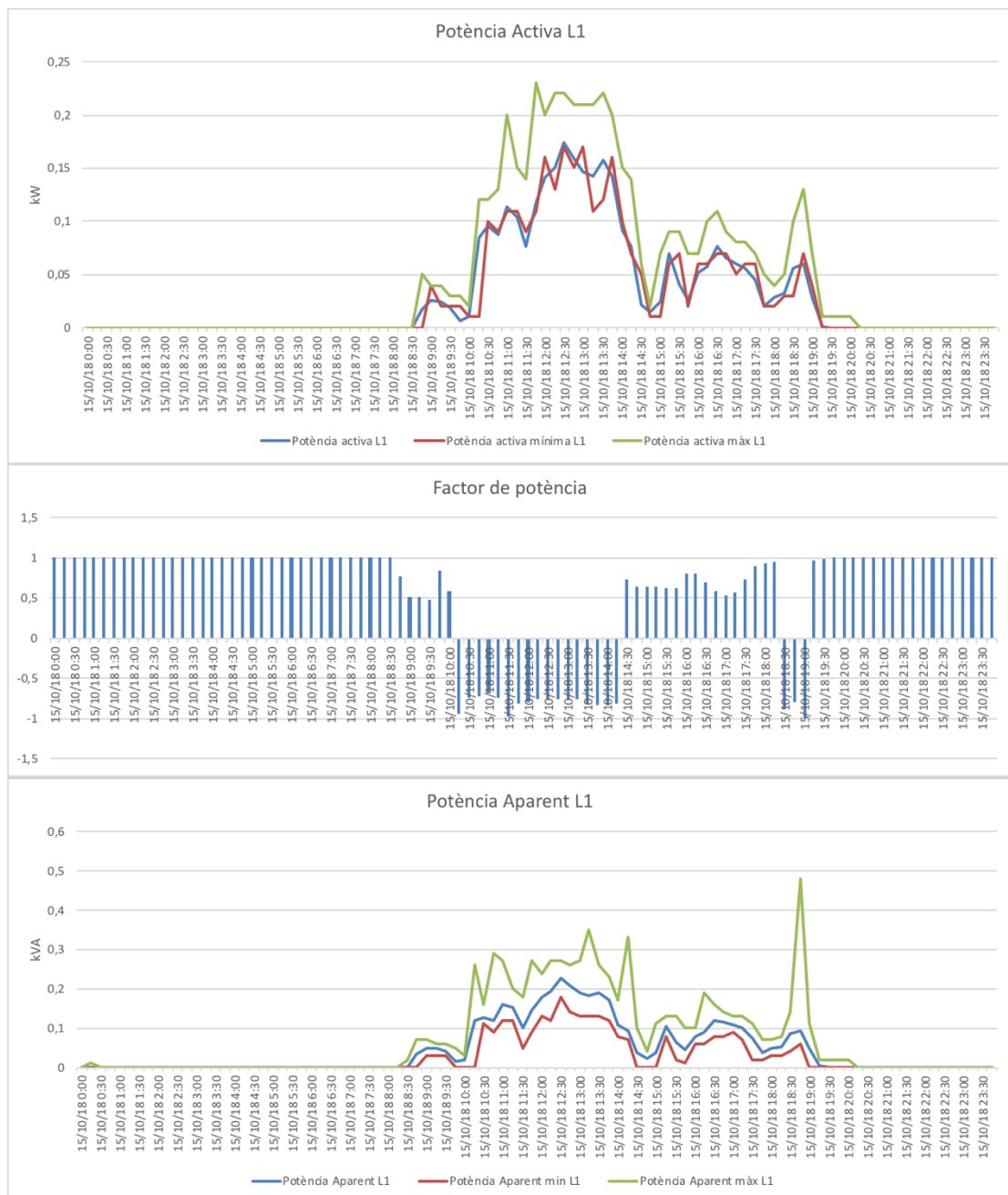


Gràfica 8.17: Gràfica de la potència activa de la L1 durant l'Octubre del 2018

Aquesta manera de representar les dades és interessant ja que s'observa com el consum en el mes d'Octubre augmenta a mesura que avança el mes i s'acosten els exàmens parcials

que són l'última setmana d'Octubre. També es pot veure com el consum és nul els dies 6, 7, 13, 14, 20, 21, 29, 30 perquè és cap de setmana i el dia 12 perquè és festiu. Tot i que s'intueix el patró diari que segueix la potència es farà un gràfic mostrant les dades d'un sol dia per estudiar-lo millor.

A continuació s'han elaborat gràfics amb els valors de la potència activa (instantània, màxima i mínima), el factor de potència i la potència aparent (instantània, màxima i mínima) de la línia 1 el dia 15 d'Octubre del 2018 per veure el comportament presenten durant un dia.



Gràfica 8.18: Gràfica de la potència activa, el factor de potència i la potència aparent de la L1 durant el 15 d'Octubre del 2018

Abans d'analitzar els gràfics cal recordar que la fórmula de la potència aparent és $S^2 = P^2 + Q^2$ (S: potència aparent, P: potència activa, Q: potència reactiva) i que el factor de potència, que és la relació entre la potència activa P i la potència aparent S, es calcula com $FP = \frac{P}{S}$. Així doncs si $FP=1$ la potència aparent és igual a la potència activa, si $FP=0$ tota la potència és reactiva i per tant $P=0$, si $FP>0$ hi haurà potència inductiva i si $FP<0$ hi ha haurà potència capacitiva.

En la *Gràfica 8.18*, s'observa que tant la potència activa com la potència aparent de la línia es comencen a enregistrar valors positius a partir de les 8:30h del matí quan s'obra la biblioteca i el valor va augmentant durant el matí fins que s'arriba al valor màxim de potència activa i aparent (0,174 kW i 0,266 kVA). En els dos casos, la demanda baixa de les 14:00 h a les 15:00 h coincidint amb l'hora de dinar, torna a pujar durant la tarda on els valors màxims s'assoleixen a les 16:30h i són respectivament 0,076 kW i 0,121 kVA i finalment torna a ser 0 cap a les 19:30h.

El valor del factor de potència indica el tipus de càrrega que es connecta a la instal·lació sent $FP>0$ una càrrega inductiva i $FP<0$. En aquest cas veiem que tant les càrregues inductives com les capacitives no són gaire reactives ja que en cap cas s'assoleixen valors de FP propers al 0, cosa que no és d'estranyar ja que la majoria d'aparells que es connecten solen ser ordinadors portàtils, telèfons mòbils o tauletes.

Si es dona un cop d'ull als gràfics de les potències es pot veure que tot i que en els dos casos la potència instantània està dintre els límits de potència màxima i mínima corresponents, en el cas de la potència activa, no obstant, hi ha moments on això no es compleix. Aquest fenomen s'atribueix al fet de que els temps de generació de dades del servidor i els analitzadors de xarxa no són sempre exactament iguals i per això a vegades es produeixen retards i errors al generar els valors instantanis.

Per estudiar el consum en forma d'**energia**, en primer lloc s'han realitzat histogrames del total de l'energia activa, capacitiva i inductiva de les tres línies a la vegada. Es poden veure els gràfics a l'Annex B.

En cap dels tres casos s'identifica un patró que faci pensar que segueixen una distribució estadística concreta i en els tres casos els valors amb més freqüència d'aparició són valors molt petits propers a 0 doncs les dades es prenen en intervals de 15 minuts (kW15min) i es passen a hores (kWh) fet que justifica aquest comportament.

El segon pas que s'ha seguit en l'estudi del consum energètic ha estat confeccionar un gràfic per l'energia activa, un per l'energia capacitiva i un per l'energia inductiva amb totes les dades de la línia 3.



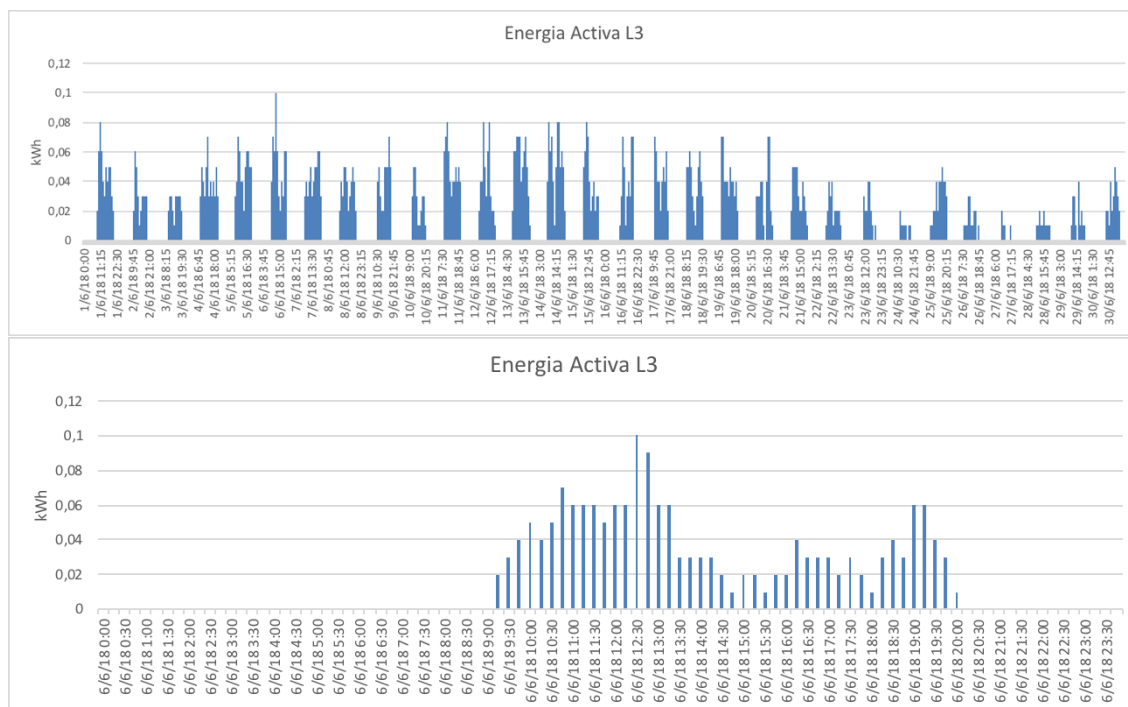
Gràfica 8.19: Gràfica de l'energia activa, capacitiva i inductiva de la L3 durant el 2018

Si s'analitza la *Gràfica 8.19*, s'observa que igual que passava amb el corrent i la potència activa, l'energia activa consumida augmenta en els períodes d'exàmens. En aquest cas, s'observa un augment moderat durant els parcials d'Abril seguit d'un descens moderat i un altre augment més pronunciat al Juny coincidint amb els exàmens finals. El valor més alt de consum d'energia enregistrat en aquest primer període és de 0,1 kWh el dia 6 de Juny del 2018 a les 12:30h.

Durant les vacances d'estiu no hi ha consum perquè la biblioteca està tancada, no obstant, s'observa el mateix valor anòmal que s'ha detectat quan s'estudiava el corrent. En aquest cas, el valor és de 0,14 kWh es produeix a les 6:30 h del matí.

Durant el quadrimestre de tardor veiem un primer increment progressiu a mesura que s'acosten les dates dels parcials de finals d'Octubre, el segueix un lleu decrement i a principis de Desembre torna a pujar quan els alumnes comencen a prepara els següents exàmens finals.

Per analitzar millor el comportament de l'energia activa s'han elaborat gràfics mostrant dades en períodes de temps més petits. Així doncs, en la *Gràfica 8.20* s'ha representat l'energia activa en el mes de Juny i en el dia 6 del mateix mes.



Gràfica 8.20: Gràfiques de l'energia activa de la L3 durant el mes de Juny i el dia 6 de Juny del 2018

Igual que s'observava amb la potència activa, veiem com el consum té un patró de comportament diari i que durant el Juny sí que es produeix tot els dies del mes ja que, durant el període d'exàmens finals, la biblioteca va obrir també els caps de setmana. El valor més alt que es va enregistrar durant el mes de Juny es va produir el 6 de Juny a les 12:30 h del migdia. Si s'analitza el comportament de l'energia durant aquest dia es pot veure que comença a haver-hi demanda cap a les 9:15h i que aquesta augmenta fins arribar al valor abans esmentat. Novament, a partir d'aquest valor segueix baixant la demanda fins després de l'hora de dinar, cap a les 16:00h, que torna a pujar mes moderadament fins les 19:00h.

Finalment s'ha confeccionat una taula amb els consums mensuals d'energia activa, capacitiva i inductiva per cada línia i en total.

En la *Taula 8.7*, es pot veure que la línia que ha tingut més consum total ha sigut la 3 i que el mes en que s'ha consumit més energia en totes les línies ha estat el mes de Juny.

Mes	Suma d'Energia Act L1 (kWh)	Suma d'Energia Cap L1 (kvarCh)	Suma d'Energia Induct L1 (kvarLh)	Suma d'Energia Act L2 (kWh)	Suma d'Energia Cap L2 (kvarCh)	Suma d'Energia Induct L2 (kvarLh)	Suma d'Energia Act L3 (kWh)	Suma d'Energia Cap L3 (kvarCh)	Suma d'Energia Induct L3 (kvarLh)	Suma de Energia Act L1+L2+L3 (kWh)	Suma de Energia Cap L1+L2+L3 (kvarCh)	Suma de Energia Induct L1+L2+L3 (kvarLh)
mar	6,63	0,56	0	8,65	0,96	0,01	7,81	0,49	0	23,09	2,01	0,01
abr	14,57	2	0,02	14,58	1,45	0,02	16,31	1,82	0,05	45,46	5,27	0,09
may	17,74	2,26	0,02	18,72	2,04	0,04	20,69	2,14	0,05	57,15	6,44	0,11
jun	24,77	2,52	0,06	27,68	4,2	0,05	33,6	2,84	0,07	86,05	9,56	0,18
jul	2,51	0,3	0,01	2,66	0,29	0,03	3,62	0,32	0,04	8,79	0,91	0,08
ago	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
sept	1,06	0,09	0	2,42	0,19	0	2,28	0,32	0	5,76	0,6	0
oct	16,03	1,47	0,09	18,51	1,59	0,11	21,29	1,87	0,1	55,83	4,93	0,3
nov	11,44	1,04	0,04	16,29	1,93	0,05	18,65	1,84	0,06	46,38	4,81	0,15
dic	6,719	0,59	0,04	8,07	1,18	0,02	9,39	1,14	0,04	24,179	2,91	0,1
Total	101,469	10,83	0,28	117,58	13,83	0,33	133,64	12,78	0,41	352,689	37,44	1,02

Taula 8.7: Taula amb els diferents consums d'energia de cada línia i en total

9. Pressupost

Com que quan es va començar el projecte ja es partia de la instal·lació fotovoltaica aïllada muntada i operativa, no s'han tingut en compte com a despesa l'adquisició ni el muntatge de cap dels aparells que conformen el sistema. S'ha aplicat el mateix raonament tant amb els dispositius de monitorització (els tres analitzadors de xarxa, el gestor d'eficiència energètica, i l'inversor híbrid) com amb el software de monitorització.

Tampoc s'han tingut en compte les despeses de manteniment i funcionament de cap d'aquets elements.

Així doncs, per calcular el pressupost del projecte, el principal volum de despeses s'ha repartit entre els recursos humans i els recursos informàtics.

Els recursos humans representen la major despesa i per tal de quantificar-la s'han repartit en tres activitats principals:

- **Aprenentatge de la tecnologia i funcionament de la instal·lació:** s'estima que s'ha invertit aproximadament el 35% del temps total dedicat al projecte a entendre els principis d'aquesta tecnologia i com funciona en concret aquesta instal·lació fotovoltaica. També es va invertir part del temps en aprendre com funcionava el software de monitorització per realitzar una part del projecte que al final no es va dur a terme.
- **Realització de l'estudi:** s'estima que s'ha dedicat un 20% del temps en descarregar les dades, tractar-les, analitzar-les i extreure'n conclusions.
- **Redacció de la memòria:** s'estima que s'ha invertit un 35% del temps en la redacció d'aquesta memòria.

A continuació s'ha confeccionat una taula per estimar el cost total, on s'ha tingut en compte les hores invertides d'un enginyer per cada activitat i el preu per hora treballada.

Activitat	Hores invertides (h)	Preu per hora (€/h)	Preu total (€)
Aprenentatge de la tecnologia i funcionament de la instal·lació	126	35	4.410
Realització de l'estudi	108	35	3.780
Redacció de la memòria	126	35	4.410
Subtotal	360		12.600
IVA (21%)			2646
Total			15.246

Taula 9.1: Estimació de costos pels recursos humans

Pel que fa als recursos informàtics, s'ha tingut en compte com a despesa un ordinador portàtil en el que s'ha escrit la memòria i s'ha realitzat la major part de l'estudi, un ordinador fixe situat a l'ETSEIB i connectat a la xarxa local, el paquet Office i finalment el programa TeamViewer que permetia la comunicació entre els ordenadors. No obstant, degut a les necessitats del projecte, s'ha pogut utilitzar aquest últim programa sense necessitat de pagar una llicència.

Concepte	Preu (€)	Amortització (Anys)	Temps d'ús (Mesos)	Cost (€)
Ordinador portàtil	800	5	4 mesos	53,33
Ordinador de taula	500	8	4 mesos	20,83
Paquet Office	144	1	4 mesos	48
TeamViewer	0	-	-	0
Subtotal				122,16
IVA (21%)				25,65
Total				147,81

Taula 9.2: Estimació de costos pels recursos informàtics

Així doncs si se sumen les despeses de recursos humans (15.246€) i les de recursos informàtics (147,81€), s'obté un cost total del projecte de **15.393,81€**.

Conclusions

En el present projecte s'ha realitzat un anàlisi descriptiu del comportament i l'estat dels components principals del sistema fotovoltaic aïllat de l'ETSEIB que alimenta 60 endolls de la biblioteca. L'estudi s'ha fet analitzant un històric de dades extretes del servidor web de la instal·lació que van des de finals de Març del 2018 a mitjans de Desembre del mateix any.

En primer lloc s'ha visualitzat el funcionament dels panells fotovoltaics durant quasi 9 mesos i s'ha vist que les dades preses són coherents i que per tant no hi ha generació durant les hores en que els panells no reben irradiació ni s'obté cap valor de potència superior als 4kW de potència nominal. Tal i com

A continuació s'han estudiat les variables corresponents la bateria. Com s'ha comentat en el capítol 7. 3 *Paràmetres rellevants del sistema*, és important garantir un nivell de tensió i temperatura de la bateria per no escurçar-ne la vida útil. Així doncs, s'ha comprovat que els valors de les dues variables es moguin en un rang segur que vetlli pel manteniment de la bateria. S'ha observat com, igual que amb els panells, l'inversor juga un paper molt important en la gestió del flux d'energia que entra i surt de la bateria i que, en conseqüència, aquest està relacionat amb el consum i la generació. També s'han observat anomalies en el comportament de la variable de l'estat de càrrega de la bateria (SOC) i s'ha estudiat en detall les condicions de contorn per provar d'explicar el fenomen. Finalment s'ha realitzat un estudi per analitzar el flux total de càrrega i descàrrega mensual i anual.

En darrer lloc, s'han estudiat els consums de les tres línies que alimenten els endolls de la biblioteca. El primer que s'ha comprovat és que els valors de tensió de línia no disminueixen en excés quan hi ha un augment en la demanda de les línies ja que, tal i com s'ha vist en el capítol 7. 3 *Paràmetres rellevants del sistema*, això pot tenir un efecte perjudicial en el funcionament dels dispositius que s'hi connectin. A continuació s'ha estudiat el comportament de la demanda al llarg del temps i en forma de corrent, potència i energia. Finalment s'ha realitzat un estudi dels diferents tipus de consum energètic on s'ha calculat el consum total per cada mes i en tot el període.

Propostes de treballs futurs

Aquest projecte pretén ser la base sobre la que es construeixin futurs projectes relacionats amb aquesta instal·lació ja que, per realitzar l'estudi d'aquesta memòria ha calgut descarregar, agrupar, netejar i avaluar un històric extens de dades de múltiples variables. Així doncs, un cop finalitzat aquest projecte, s'ha deixat en herència una base de dades estandarditzada sobre la que es pot treballar còmodament.

Dit això, així com ara s'ha realitzat un anàlisi descriptiu del sistema, es consideraria interessant que en un futur es poguessin utilitzar les dades per elaborar un model predictiu que fos capaç de predir el comportament de la demanda de les línies o advertir de situacions crítiques com la de tenir un consum molt alt en uns dies on hi ha poca generació energètica.

Degut a la falta de temps i de recursos, no s'ha pogut analitzar algunes variables tant com s'hagués volgut. És per això que en un futur convindria fer un anàlisi més detallat del comportament de la demanda i comparar la generació energètica amb variables climàtiques externes com la irradiació de la zona o la velocitat del vent.

També seria interessant investigar més a fons la causa del patró de comportament cíclic trobat en la variable de l'estat de càrrega de la bateria (SOC) i quina relació té amb les altres variables del sistema.

Agraïments

En primer lloc m'agradaria agrair al Roberto Villafáfila , el ponent d'aquest treball, l'encoratjament i la confiança depositada en mi per dur a terme aquest projecte des del primer moment i el continu recolzament i disponibilitat que ha tingut malgrat les circumstàncies.

Agrair al Francesc Girbau el no tenir mai un no tots els cops que m'he presentat sense avisar, respondre a tots els meus dubtes i tenir paciència davant la meva ignorància sobre el tema.

Agrair també a CITCEA per haver posat al meu abast tots els recursos que he necessitat i mencionar tots aquells que hi formen part i que en algun moment han participat per tal d'arreglar algun problema tècnic que hagi pogut sorgir.

Moltes gràcies també a l'equip de manteniment de l'ETSEIB que varen participar activament en la posada en marxa de la instal·lació i que encara ara col·laboren en totes les consultes i necessitats que sorgeixen respecte la instal·lació

En darrer lloc, moltes gràcies als meus pares, als meus amics i a la meva parella Candela per haver-se interessat pel projecte des del primer dia , haver-me aconsellat a nivell tant a nivell acadèmic com a nivell personal i, en definitiva, per donar-me forces per ser perseverant i tenir sempre un somriure a la cara.

Bibliografia

Referències bibliogràfiques

- [1] FERNANDEZ, S. Generación eléctrica en España primera mitad 2018. Consulta: Octubre 2018. Disponible a: <https://www.diariorenovables.com/2018/08/generacion-electrica-en-espana-primera-mitad-2018.html>
- [2] CHRISTINA, N. El Estado de la Energía Solar en España. Consulta: Octubre 2018. Disponible a: <https://www.airalia.es/blog/estado-la-energia-solar-espana/>
- [3] COMISSIÓ EUROPEA. Secure, Clean and Efficient Energy - Horizon 2020 - European Commission. Consulta: Octubre 2018. Disponible a: <https://ec.europa.eu/programmes/horizon2020/en/h2020-section/secure-clean-and-efficient-energy>
- [4] PASTOR, M. *Instal·lació solar fotovoltaica per a l'alimentació d'ordinadors portàtils i telèfons mòbils dels usuaris d'una biblioteca*. UPCommons (Gener 2016). Disponible a: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/96860>
- [5] MORERA, B. *Monitorització d'una instal·lació fotovoltaica*. UPCommons (Abril 2018). Disponible a: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/96860>
- [6] APPA FOTOVOLTAICA. ¿Qué es la energía fotovoltaica?. Consulta: Octubre 2018. Disponible a: https://web.uchile.cl/vignette/revistaurbanismo/CDA/urb_simple/0,1310,SCID%253D14982%2526ISID%253D530%2526IDG%253D2%2526ACT%253D0%2526PRT%253D14974,00.html
- [7] REVISTA DE URBANISMO. Clasificación de las instalaciones fotovoltaicas. Consulta: Octubre 2018. Disponible a: https://web.uchile.cl/vignette/revistaurbanismo/CDA/urb_simple/0,1310,SCID%253D14982%2526ISID%253D530%2526IDG%253D2%2526ACT%253D0%2526PRT%253D14974,00.html
- [8] Instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica. Consulta: Octubre 2018. Disponible a: <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/instalacion-conectada-red>

- [9] Clasificación de las instalaciones fotovoltaicas. Consulta: Octubre 2018. Disponible a: https://web.uchile.cl/vignette/revistaurbanismo/CDA/urb_simple/0,1310,SCID%253D14982%2526SID%253D530%2526IDG%253D2%2526ACT%253D0%2526PRT%253D14974,00.html KRANNICH SOLAR ESPAÑA, Fotovoltaiica aislada | AUTOCONSUMO FOTOVOLTAICO C. Consulta: Octubre 2018. Disponible a: <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaiica/instalacion-conectada-red>
- [10] ENERGIA SOLAR ,Módulo fotovoltaico. Consulta: Octubre 2018. Disponible a: <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaiica/instalacion-conectada-red>
- [11] ENERGIA SOLAR ,Silicio monocristalino. Consulta: Octubre 2018. Disponible a: <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaiica/modulo-fotovoltaiico/celula-fotovoltaiica/tipos/silicio-monocristalino>
- [12] GREEN DATES, Los tipos de paneles solares que debes conocer. Consulta: Octubre 2018. Disponible a: <http://greendates.com.mx/tipos-de-paneles-solares-energia-solar/>
- [13] MPPT SOLAR, Como Elegir un Regulador de Carga Solar: MPPT o PWM. Consulta: Octubre 2018. Disponible a: <https://www.mpptsolar.com/es/como-elegir-regulador-de-carga-solar.html>
- [14] SUNFIELDS, Inversores solares para Conexión a red y Autoconsumo. Consulta: Octubre 2018. Disponible a: <https://www.sfe-solar.com/inversores-solares-fotovoltaiicos/>
- [15] AUTO SOLAR, ¿Cómo funcionan las baterías de plomo ácido?. Consulta: Octubre 2018. Disponible a: https://autosolar.es/blog/aspectos-tecnicos/como-funcionan-las-baterias-de-plomo-acido?gclid=CjwKCAiAjNjgBRAgEiwAGLI2hkIm8WwOcbW0c2ZAr2VPmq4O_Pjom-OKIf9qHC9Ny5sBQa5vjjtZRoCuYwQAvD_BwE
- [16] BATERÍAS Y AMPERIOS ,SOLUCIONES EN BATERÍAS, Tipos de bateries solares. Consulta: Noviembre 2018. Disponible a: <https://bateriasyamperios.com/tipos-de-baterias-solares/>
- [17] REVISTA CONSTRUCTOR ELÉCTRICO, ¿Para qué es necesario un sistema de monitorización? . Consulta: Noviembre 2018. Disponible a: <https://constructorelectrico.com/sistema-monitorizacion-necesario/>
- [18] ECURED, Arquitectura Cliente Servidor – EcuRed, . Consulta: Diciembre 2018. Disponible a: https://www.ecured.cu/Arquitectura_Cliente_Servidor#Arquitectura_cliente-servidor

- [19] CHAVARRIA MEZA, L.E, SCADA System's & Telemetry, . Consulta: Desembre 2018. Disponible a: <https://www.aiu.edu/applications/DocumentLibraryManager/upload/SCADA%20System%C2%B4s%20&%20Telemetry.pdf>
- [20] Interfaces de comunicación industrial, Sistemas SCADA . Consulta: Desembre 2018. Disponible a: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10020/2/PARTE%202.pdf>
- [21] GOJEDA, L., Diferencia entre DCS vs Scada. Consulta: Desembre 2018. Disponible a: <http://luisgojeda-aprendiendo.blogspot.com/2007/08/diferencia-entre-dcs-vs-scada.html>
- [22] WIKIPEDIA, Data Analysis. Consulta: Desembre 2018. Disponible a: https://en.wikipedia.org/wiki/Data_analysis
- [23] GIMENEZ, V., Análisis de datos predictivo, descriptivo y prescriptivo ¿En qué consisten?. Consulta: Desembre 2018. Disponible a: <https://prometeusgs.com/analisis-de-datos-predictivo-descriptivo-y-prescriptivo-donde-esta-la-diferencia/>
- [24] ARIMETRICS, Analítica descriptiva. Consulta: Gener 2018. Disponible a: <https://www.arimetrics.com/glosario-digital/analitica-descriptiva>
- [25] Aplicaciones de la analítica descriptiva. Consulta: Gener 2018. Disponible a: <https://decidesoluciones.es/aplicaciones-de-la-analitica-prescriptiva/>
- [26] Estadística para todos. Consulta: Gener 2018. Disponible a: <https://decidesoluciones.es/aplicaciones-de-la-analitica-prescriptiva/>
- [27] UPC. UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA, S'inicien els treballs del projecte BISOL a la Biblioteca de l'ETSEIB — UPC Energia 2020 - Comunitats sostenibles. Consulta: Gener 2018. Disponible a: <https://www.upc.edu/energia2020/ca/noticies/sinicien-els-treballs-del-projecte-bisol-a-la-biblioteca-de-letseib>
- [28] NOE CARPIO, ¿Cómo funcionan los reguladores de carga solares PWM y MPPT? Consulta: Gener 2018. Disponible a: <https://www.monsolar.com/blog/como-funcionan-los-reguladores-de-carga-solares-pwm-y-mppt/>
- [29] JORGE INSA, ¿Cómo funcionan los reguladores de carga solares PWM y MPPT? Consulta: Gener 2018. Disponible a: <https://www.monsolar.com/blog/como-afecta-la->

[temperatura-a-una-placa-solar-2/](#)

- [30] MONOSOLAR, Módulo Fotovoltiaico: Efectos sobre la generación. Consulta: Gener 2018. Disponible a: <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/modulo-fotovoltiaico-efectos-la-generacion/>
- [31] Estudio de control de búsqueda del extremo en MPPT para paneles solares. Consulta: Gener 2018. Disponible a: <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1096pub.pdf>
- [32] La batería de plomo-ácido, Consulta: Gener 2018. Disponible a: http://www.olajedatos.com/documentos/baterias_plomo
- [33] PV potential estimation utility. Consulta: Gener 2018. Disponible a: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php#>

Bibliografia complementària

- [34] PASTOR, M. *Instal·lació solar fotovoltaica per a l'alimentació d'ordinadors portàtils i telèfons mòbils dels usuaris d'una biblioteca*. UPCommons (Gener 2016). Disponible a: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/96860>
- [35] MORERA, B. *Monitorització d'una instal·lació fotovoltaica*. UPCommons (Abrils 2018). Disponible a: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/96860>
- [36] CIRCUTOR, Manual d'instruccions de l'inveror CirPower Hyb 4k-48. Disponible a: <http://docs.circutor.com/docs/M053B01-01.pdf>
- [37] CIRCUTOR, Manual d'instruccions de l'analitzador de xarxa CVM-1D. Disponible a: https://www.cedesa.com.mx/pdf/circutor/circutor_CVM-1D_serie_user_manual.pdf
- [38] CIRCUTOR, Manual d'instruccions de l'EDS. Disponible a: https://www.cedesa.com.mx/pdf/circutor/circutor_EDS_serie_user_manual.pdf

Annex A







Módulo fotovoltaico

A-240P / A-245P / A-250P (TYCO 3.2)



- + UltraTolerancia positiva**

Positiva 0 / +5 Wp
- + UltraCalidad**

Anti Hot-Spot
- + UltraGarantía**

10 años de garantía de producto
- + UltraFiabilidad**

En el mercado desde 1979
- + UltraResistencia**

Cristal templado de 3.2 mm
- + UltraTES**

Verificación eléctrica célula a célula





Sistema único en el mercado, patentado por Atersa.

Para una información más detallada de los términos de la garantía, consulte:

→ www.aterasa.com

Nueva gama Ultra con Tolerancia positiva 

Nueva gama Ultra con Tolerancia positiva +

Características eléctricas (STC: 1kW/m², 25°C±2°C y AM 1,5)*

	A-240P	A-245P	A-250P
Potencia Nominal (0/+5 W)	240 W	245 W	250 W
Eficiencia del módulo	14,74%	15,04%	15,35%
Corriente Punto de Máxima Potencia (Imp)	8,21 A	8,33 A	8,45 A
Tensión Punto de Máxima Potencia (Vmp)	29,21 V	29,37 V	29,53 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	8,73 A	8,82 A	8,91 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	37,16 V	37,38 V	37,60 V

Parámetros térmicos

Coeficiente de Temperatura de Isc (α)	0,04% /°C
Coeficiente de Temperatura de Voc (β)	-0,32% /°C
Coeficiente de Temperatura de P (γ)	-0,43% /°C

Características físicas

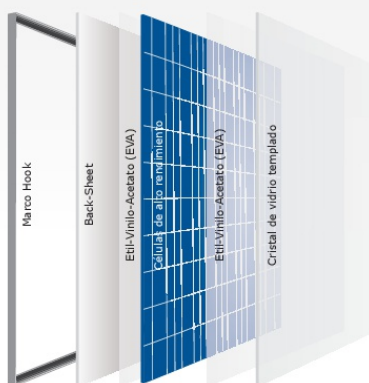
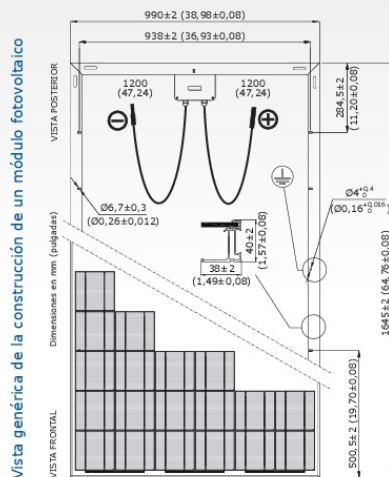
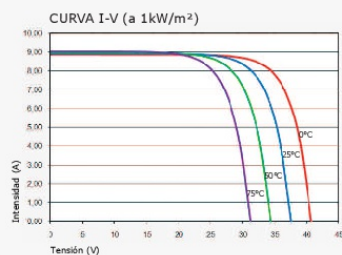
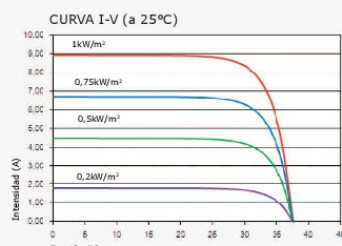
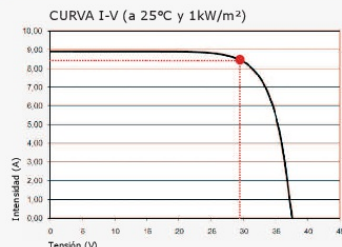
Dimensiones (mm ± 2 mm)	1645x990x40
Peso (kg)	21,5
Área (m ²)	1,63
Tipo de célula	Policristalina 156x156 mm (6 pulgadas)
Células en serie	60 (6x10)
Cristal delantero	Cristal templado ultra claro de 3.2 mm
Marco	Aleación de aluminio pintado en poliéster
Caja de conexiones	TYCO IP65
Cables	Cable Solar 4 mm ² 1200 mm
Conectores	TYCO

Rango de funcionamiento

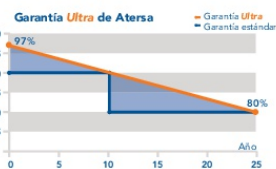
Temperatura	-40°C a +85°C
Máxima Tensión del Sistema / Protección	1000 V / CLASS II
Carga Máxima Viento / Nieve	2400 Pa (130 km/h) / 5400 Pa (551 kg/m ²)
Máxima Corriente Inversa (IR)	15,1 A

*Especificaciones eléctricas medidas en STC. NOCT: 47±2°C.
Tolerancias medida STC: ±3% (Pmp); ±10% (Isc, Voc, Imp, Vmp).

Curvas modelo A-250P



- Módulos por caja: **25 uds**
- Peso por palé: **580 kg**
- En un contenedor de 40 pies entran 25 cajas: **625 paneles**
- En un contenedor de 40 pies HC entran 26 cajas: **650 paneles**
- En un contenedor de 20 pies entran 10 cajas: **250 paneles**
- En un camión TAUTLINER entran 30 cajas: **750 paneles**



NOTA: Los datos contenidos en esta documentación están sujetos a modificación sin previo aviso.

www.atersa.com • atersa@elecnor.com
Madrid 915 178 452 • Valencia 902 545 111

Revisado: 18/02/15
Ref.: MU-6P (4) 6x10-A (TY 3.2)
© Atersa SL, 2015

TAB TOPzS

BATERIAS ESTACIONARIAS TAB TOPZS DE BAJO MANTENIMIENTO.

Las baterías estacionarias TOPzS se fabrican de acuerdo a la normativa DIN 40736, EN 60896 y IEC 896-1. Los acumuladores individuales (2V) están fabricados en recipientes de Polipropileno translúcido.

LAS BATERÍAS ESTACIONARIAS DEL TIPO TOPzS ESTÁN ESPECIALMENTE DISEÑADAS PARA INSTALACIONES SOLARES. DEBIDO A SU EXTREMADA BAJA DESCARGA LAS PLACAS POSITIVAS TUBULARES SON ADECUADAS PARA SISTEMAS SOLARES OFF-GRID (AISLADOS).



DISEÑO

- ELECTRODO POSITIVO**
 - » Placa positiva tubular con baja aleación de antimonio (<2%)
- ELECTRODO NEGATIVO**
 - » Placa plana con expansor de larga duración
- SEPARACIÓN**
 - » Separador microporoso
- ELECTROLITO**
 - » Ácido sulfúrico peso específico de 1,24 g/cm³
- RECIPIENTE**
 - » Polipropileno Transparente PP
- TAPA**
 - » Polipropileno en color verde
- SELLADO DEL BORNE**
 - » Estanqueidad al 100% de gas y electrolito, junta de goma de alta densidad
- TERMINALES**
 - » Terminal hembra (M10) tratado. Perfecto contacto y baja resistencia con cables de conexión flexibles.
- CONEXIÓN**
 - » Cable de cobre flexible y aislado, con una sección transversal de 35, 50, o 70 mm²
- BORNE ATORNILLADO**
 - » M10, acero, aislado

INSTALACIÓN

LOS ACUMULADORES DEBEN INSTALARSE EN BANDEJAS DE METAL

CARGA

- IU - CARACTERÍSTICAS**
 - » Imax sin limitación
- TENSIÓN DE FLOTACIÓN**
 - » U = 2,23 V/celda ± 1 %
- CARGA INICIAL**
 - » U = 2,35 a 2,40 V/celda

CARACTERÍSTICAS DE DESCARGA

- TEMPERATURA DE REFERENCIA**
 - » 20°C en C10 a 1,80V/Celda y a 25°C en C100 a 1,85V/Celda
- CAPACIDAD INICIAL**
 - » 100 %
- INTENSIDAD DE DESCARGA**
 - » Normalmente hasta el 80%
 - » Más del 80% POD o descargas más allá de las tensiones de descarga final (Independientes de la corriente de descarga) tienen y deben ser evitadas.

DATOS OPERATIVOS

- VIDA OPERATIVA**
 - » Hasta 15 años
- IEC 896-1 CICLOS**
 - » 1200
- AUTODESCARGA**
 - » Aprox. 3% por mes a 20°C
- TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO**
 - » -20°C a 55°C, se recomienda su uso entre 10°C a 30°C
- NORMATIVAS**
 - » IEC 896-1, EN 60896-1, EN 61427
- NORMA DE SEGURIDAD, VENTILACIÓN**
 - » EN 50272-2

Número de ciclos: 1.200 (IEC 896-1)

TIPO DE CELDA	VOLTAGE (V)	LxWxH (mm)	PESO (kg)	C10 (Ah) Uf=1,80V at 20 °C	C100 (Ah) Uf=1,85V at 25 °C
3 TOPzS 265	2	198x83x472	12,4/18,4	265	345
4 TOPzS 353	2	198x101x472	16/23,3	353	458
5 TOPzS 442	2	198x119x472	20,2/29	442	575
4 TOPzS 500	2	198x101x720	24,3/35,2	500	650
5 TOPzS 625	2	198x119x720	30,3/43,2	625	812
6 TOPzS 750	2	198x137x720	38,0/53,5	750	975
7 TOPzS 875	2	198x173x720	44,0/64,2	875	1137
8 TOPzS 1000	2	198x191x720	50,2/72,5	1000	1300



MANTENIMIENTO

- CADA 6 MESES**
 - » Revise el voltaje y la densidad de la batería así como su temperatura en cada elemento (vaso)
- CADA 12 MESES**
 - » Descargar completamente la batería y revise la densidad así como su temperatura en cada elemento (vaso)

EDS

Efficiency Data Server



Descripción

Gestor energético dotado de **PowerStudio Embedded** con servidor web y XML integrado, que facilita al usuario la consulta de cualquier variable eléctrica al permitir conectar equipos de medida a su bus RS-485, sin necesidad de instalar *software* alguno. Gracias a su bus de expansión RS-485, el usuario tiene la posibilidad de visualizar cualquier variable procedente de los equipos conectados a éste, pudiendo visualizar incluso la información en tiempo real, en formato de tabla o incluso de gráfico (*Data logger*). Dispone de 8 entradas digitales libres de tensión y 6 salidas digitales por relé programable.

Otras características son:

- Parametrización y gestión de eventos automáticos
- Sistema de registro de alarmas y gestión de eventos del sistema
- Alarmas mediante correo
- Puerto RS-485 para conectar hasta 5 equipos **CIRCUTOR**
- Conexión Ethernet
- Centralización de alarmas mediante detección de estados lógicos o centralización de consumos por impulsos.

Características técnicas

Circuito de alimentación	Tensión de alimentación	85 ... 264 V _{ca} / 120 ... 374 V _{cc}
	Frecuencia	47 ... 63 Hz
	Consumo Máximo	5 ... 8 VA
Características de Salida	Tipo	Relé
	Número	6 Salidas
	Potencia máxima maniobra	740 VA
	Tensión máxima maniobra	250 V _{ca}
	Corriente máx. conmutación	5 A con carga resistiva
	Vida eléctrica (250 V _{ca} / 5 A)	3 x 10 ⁴ maniobras
Características de entrada	Vida mecánica	2 x 10 ⁴ maniobras
	Tipo	Libre de tensión optoaislada
	Número	8 entradas
	Corriente máx. activación	50 mA
	Aislamiento	1500 V
	Display	LCD Retroiluminado
Características constructivas	Material caja	Autoextinguible UL94 V0 plástico
	Grado de protección	IP 51
	Dimensiones (mm)	105 x 70 x 90 mm (6 módulos)
	Peso	280 g
Condiciones ambientales	Temperatura de trabajo	-10 °C ... 60 °C
	Humedad (sin condensación)	5 ... 95% (sin condensación)
	Altitud máxima	2000 m
Interfaz de red	Tipo	Ethernet 10BaseTX
	Conector	RJ-45
	Protocolos de red	HTTP / Modbus/RTU
	Conector	RS-485
Servidor	Servidor Web y XML integrados	
Memoria	Tipo	Interna
	Tamaño	256 MB
Intefaz serie	Tipo	RS-485 tres hilos (A/B/S)
	Velocidad de transmisión	4800, 9600, 19.200, 34.800, 57.600, 115.200 bps
	Bits de datos	8
	Paridad	Sin paridad, par, impar
	Bit de Stop	1 / 2
Seguridad	Diseñado para instalaciones CAT III 300/520 V _{ca} según EN 61010 .	
	Protección frente al choque eléctrico por doble aislamiento clase II	
Normas	IEC 60664, VDE 0110, UL 94, EN 61010-1, EN 55011, EN 61000-4-3, EN 61000-4-11, EN 61000-6-4, EN61000-6-2, EN 61000-6-1, EN 61000-6-3, EN 61000-4-5	



Sistemas de Control

EDS

Efficiency Data Server

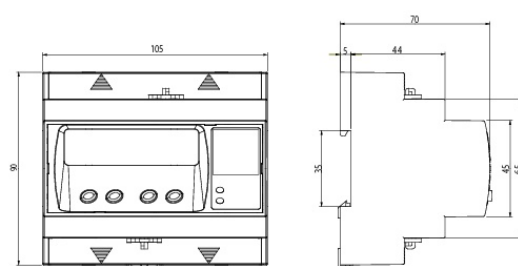
Aplicaciones

- **Aplicación doméstica:** con **EDS** es posible controlar los consumos parciales de cada una de las cargas de una instalación doméstica.
 - Control del consumo doméstico
 - Contraste de consumo con el de la empresa comercializadora de energía
 - Racionalización del consumo de los hogares
- **Aplicación PyME / Industrial:** **EDS** permite controlar los consumos parciales de las diferentes cargas monofásicas y trifásicas en horarios productivos y no productivos.
 - Controle los consumos de su instalación 24 h / 365 días y localice sus consumos residuales en horarios no productivos
 - Contraste el nivel de potencia contratada de la instalación
 - Supervise el nivel de armónicos y carga reactiva de la instalación
 - Alarmas por sobre consumo o incidencias de su red eléctrica
 - Sin necesidad de ordenador
 - Posibilidad de conexión cuando se precise, el sistema actúa automáticamente
 - Permite conocer el valor de la factura antes de recibirla.
- **Aplicación multipunto:** En una distribución de cargas (o instalaciones remotas) **EDS** permite el control de consumos individuales de cada una de las instalaciones y centralizarlas en una única.
 - Control del consumo de los emplazamientos remotos de forma eficiente, fácil y sencilla
 - Informes de energía por zonas o emplazamientos de consumo
 - Alarmas remotas por sobre consumos o incidencias en la red
 - Posibilidad de comparar consumos de cada emplazamiento.

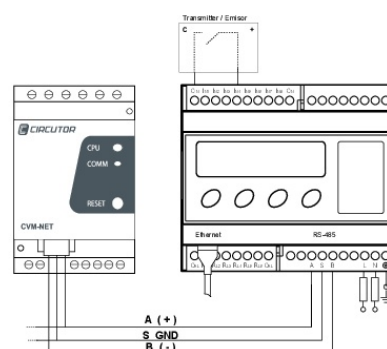
Referencias

Descripción	Comunicaciones	Ethernet	Internet	Entradas digitales	Salidas digitales	Tipo	Código
Telegestor energético con tecnología PowerStudio Embedded	RS-485 Modbus/RTU	SI	Servidor web y XML integrado	8 (libres de tensión)	6 por relé	EDS	M61010
Telegestor energético con tecnología PowerStudio Embedded con driver modbus genérico para comunicar con otros equipos no CIRCUTOR	RS-485 Modbus/RTU	SI	Servidor web y XML integrado	8 (libres de tensión)	6 por relé	EDS Deluxe	M61020

Dimensiones



Conexiones



CIRCUTOR





Analizadores de redes

CVM-1D

Analizador de redes monofásico carril DIN



Descripción

CVM-1D es un analizador de redes, para circuitos monofásicos de hasta 32 A. Dispone de un display LCD con un sistema de pantallas rotativas, mostrando un total de 24 variables eléctricas de tipo instantáneo, máximo y mínimo. Se ha diseñado en una envoltura de tan sólo 1 módulo DIN (18 mm), pudiendo instalar dicho analizador en cualquier cuadro eléctrico dado su reducido espacio. El equipo dispone de protocolo Modbus/RTU (RS-485) y es compatible con el software de gestión energética **PowerStudio**.

Sus principales características son:

- Precintable
- Display LCD de seis dígitos
- Comunicación RS-485 Modbus/RTU (según modelo)
- Salida de impulsos o alarma programable
- Medida en cuatro cuadrantes

Aplicaciones

- Residencias de estudiantes / Hoteles
- Puertos deportivos
- Centros comerciales
- Edificios de alquiler de oficinas
- Campings
- Líneas domésticas e industriales
- Líneas monofásicas en general

Características técnicas

Circuito de alimentación	Alimentación monofásica	88...276 Vc.a.
	Frecuencia alimentación	50 / 60 Hz
	Consumo alimentación	2 VA
Circuito de medida	Tensión nominal fase-neutro	110...230 Vc.a. ($\pm 20\%$)
	Frecuencia	50 / 60 Hz
	Corriente nominal	5 A
	Corriente mínima	250 mA
	Corriente máxima	32 A
Clase de precisión	Tensión, Corriente	0,5% + 1 dígito
	Potencia Activa, Potencia Reactiva	1% + 1 dígito
	Energía Activa	Clase 1 (IEC 62053-21)
	Energía Reactiva	Clase 2 (IEC 62053-23)
Características transistor de salidas	Tipo	Transistor optoaislado (colector abierto) NPN
	Tensión máxima de maniobra	42 Vc.c.
	Corriente máxima de maniobra	50 mA
	Frecuencia máxima	1000 imp/kWh
	Duración impulso	4...200 ms (configurable)
	Aislamiento	3,7 kV _{RMS} / 1 min
Comunicaciones	Puerto	RS-485 (según modelo)
	Protocolo	Modbus / RTU (según modelo)
Características constructivas	Módulo de medida	Montaje en carril DIN 46277 (EN 50022)
	Número de módulos	1
Condiciones ambientales	Temperatura de trabajo	-5...+45 °C
	Grado de protección	IP 20 / Frontal IP 31
	Humedad (sin condensación)	5 ... 95% (sin condensación)
	Altitud máxima	2000 m
Seguridad	EN 61010 Protección al choque eléctrico por doble aislamiento Clase II	
Normas	IEC 664, VDE 0110, UL94-V0, EC 801, IEC 348, IEC 571-1, Clase 2 EN 62053-23 en Energía Reactiva, EN 61010, EN 61000-4-3, EN 61000-4-4, EN 61000-6-4, EN 55022	

Analizadores de redes



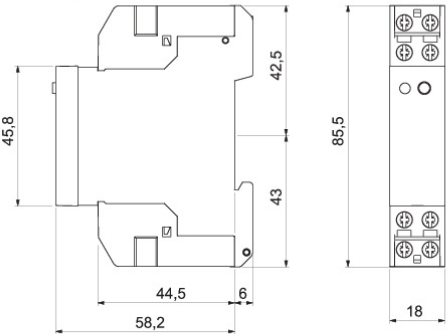
CVM-1D

Analizador de redes monofásico carril DIN

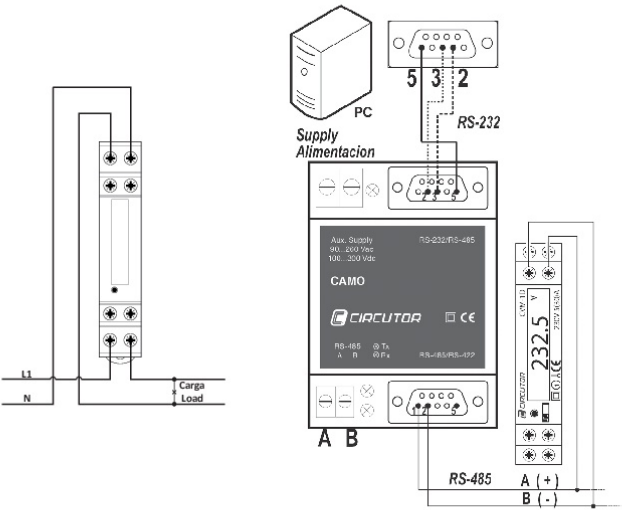
Referencias

Tipo	Código	Corriente nominal	Protocolo	Comunicación
CVM 1D-C	M55510	250 mA...32 A	-	-
CVM 1D-RS485-C	M55511	250 mA...32 A	Modbus/RTU	RS-485

Dimensiones



Conexiones





Energías renovables

CirPower Hybrid

Inversor solar híbrido multigestión



Descripción

Los **CirPower Hybrid** son inversores híbridos solares para instalaciones fotovoltaicas con autoconsumo. Son capaces de gestionar la carga de excedentes energéticos en baterías así como su posterior descarga para alimentar consumos cuando la potencia instantánea del generador solar no es suficiente. Este inversor híbrido incorpora un regulador de carga con un MPPT (seguidor del punto de máxima potencia), así como la función de inversor-cargador con capacidad de conexión a red (certificado).

El **CirPower Hybrid** dispone de 2 salidas CA. La primera, para conectar cargas aseguradas (función UPS/SAI) las cuales mantendrán su alimentación incluso cuando se interrumpa el suministro eléctrico. La segunda, para conectar cargas tanto en instalaciones con red eléctrica como en instalaciones aisladas. **CirPower Hybrid** esta especialmente diseñado para ofrecer al usuario una interacción sencilla e intuitiva mediante una pantalla de color táctil de 3,5 pulgadas. El inversor dispone de un servidor web con gráficos que permite monitorizar la instalación en cualquier momento y una base de datos interna que registra el comportamiento de todos los flujos de energía. Algunas de sus principales prestaciones son:

- Carga de baterías desde módulos fotovoltaicos o desde la red eléctrica.
- Algoritmo optimizado para baterías de plomo, abiertas o cerradas, o con BMS de baterías de ión de litio.
- Datalogger con registro de históricos de datos descargable (sin software adicional).
- Comunicaciones RS-485 para comunicar con analizadores de redes.
- 5 modos de trabajo fácilmente configurables.
- Patente de optimización de seguidor MPPT y almacenamiento de energía.
- Patente de desconexión y reconexión de la red eléctrica y almacenamiento de energía.

Aplicaciones

- Instalaciones fotovoltaicas conectadas a red con acumulación de energía en baterías.
- Instalaciones aisladas de red con acumulación de energía en baterías.
- Micro-redes.
- Instalaciones de autoconsumo sin inyección a red o con inyección controlada.

Características técnicas

Entrada CC	Máxima Potencia CC ($\cos \varphi = 1$)	4250 W
	Tensión máxima V_{oc}	550 V_{oc}
	Tensión mínima	170 V_{oc}
	Tensión Stand-by	125 V_{oc}
	Rango de tensión MPPT	170...500 V_{oc}
	Eficiencia MPPT	99,9%
	Corriente máxima	20 A
Entrada a Batería	Tensión nominal	48 V
	Rango de Tensión	36...60 V
	Corriente máxima (Carga/Descarga)	80/50 A
	Control de Carga	CC/CV
	Seguridad	Aislamiento reforzado
Salida CA (red)	Potencia CA (230 V, 50 Hz, $\cos \varphi = 1$)	4000 W
	Tensión nominal - Frecuencia	230 V - 50/60 Hz
	Rango de Tensión CA *	180...270 V
	Rango de Frecuencia *	55...65 Hz
	Corriente nominal (230 V)	17,4 A
	Corriente de cortocircuito	25 A
	THD(I) con THD(I) = 3%	< 3,5%
	PF	0,5 (capacitivo)...1...0,5 (inductivo)
	Potencia Stand-by	< 2 W
	Consumo nocturno	< 0,5 W
	Eficiencia máxima	96,5%
	Topología	Sin transformador
	Potencia CA (230 V, 50 Hz, $\cos \varphi = 1$)	4000 W
Salida CA (Salida SAI/UPS)	Tensión nominal - Frecuencia	230 V - 50/60 Hz
	Rango de Tensión CA *	180...270 V
	Rango de Frecuencia *	55...65 Hz
	Corriente nominal (230 V)	17,4 A
	Corriente de cortocircuito	25 A
	THD(I) con THD(I) = 3%	< 3,5%

* Potencia máxima (red de CA + SAI CA) es 4000 W

Energías renovables

E

CirPower Hybrid

Inversor solar híbrido multigestión

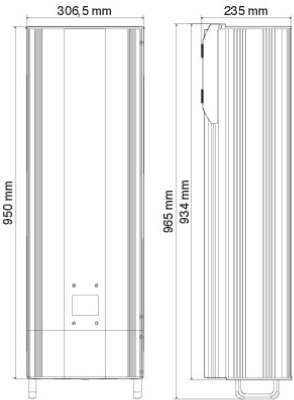
Características técnicas

Interfaz de usuario	Tipo	Pantalla táctil TFT 3,5" a color
	Datalogger	Almacena la energía producida hasta 5 años y el rendimiento diario. Gráfico de la energía generada a diario
Comunicaciones	Ethernet	Web server, Modbus/TCP para Control y monitorización
	RS-485	Modbus protocol
	CAN Bus	Control BMS - CAN Protocol
Características ambientales	Categoría ambiental (EN 62109-1)	Exterior
	Temperatura de trabajo (sin reducción de potencia)	-20...50 °C
	Temperatura de almacenamiento	-35...70 °C
	Ruido	< 30 dBA
	Humedad Relativa	4...100%
Características mecánicas	Altitud máxima	2000 m
	Dimensiones	300 x 950 x 200 mm
	Peso	50 kg
	Grado Protección	IP 55
	Refrigeración	Por convección natural
	Conexiones CC	Conector tipo MC4
	Conexiones CA	Wiedland Gesis 2P+E 25A
Seguridad	Protección diferencial	Tipo B, RCCB, según EN 62109-2
	Monitor de fallo a tierra	Monitor de aislamiento programable
	Dispositivo anti-isla	Monitor de red, sistema anti-isla (cargas resonantes), relés de seguridad redundantes
	Dispositivo desconexión CC	Interruptor manual incluido
	Categoría sobretensión	Categoría III
	Grado de contaminación (Exterior / Interior)	3 / 2
Normas	EN 62109-1, EN 62109-2, IEC 62116, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3, VDE 0126-1-1, VDE AR-N4105, CEI 0-21, RD 1699:2011, G59/1-2	

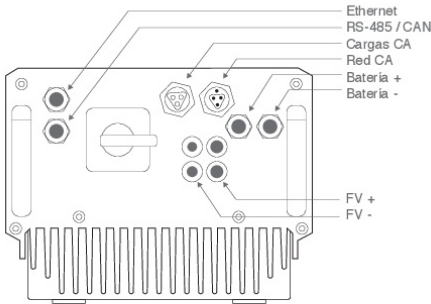
Referencias

Tipo	Código	Sistema	Potencia	Tensión Batería	Corriente de carga/descarga
CirPower Hybrid	E15311	Monofásico	4 kW	48 V	80/50 A

Dimensiones

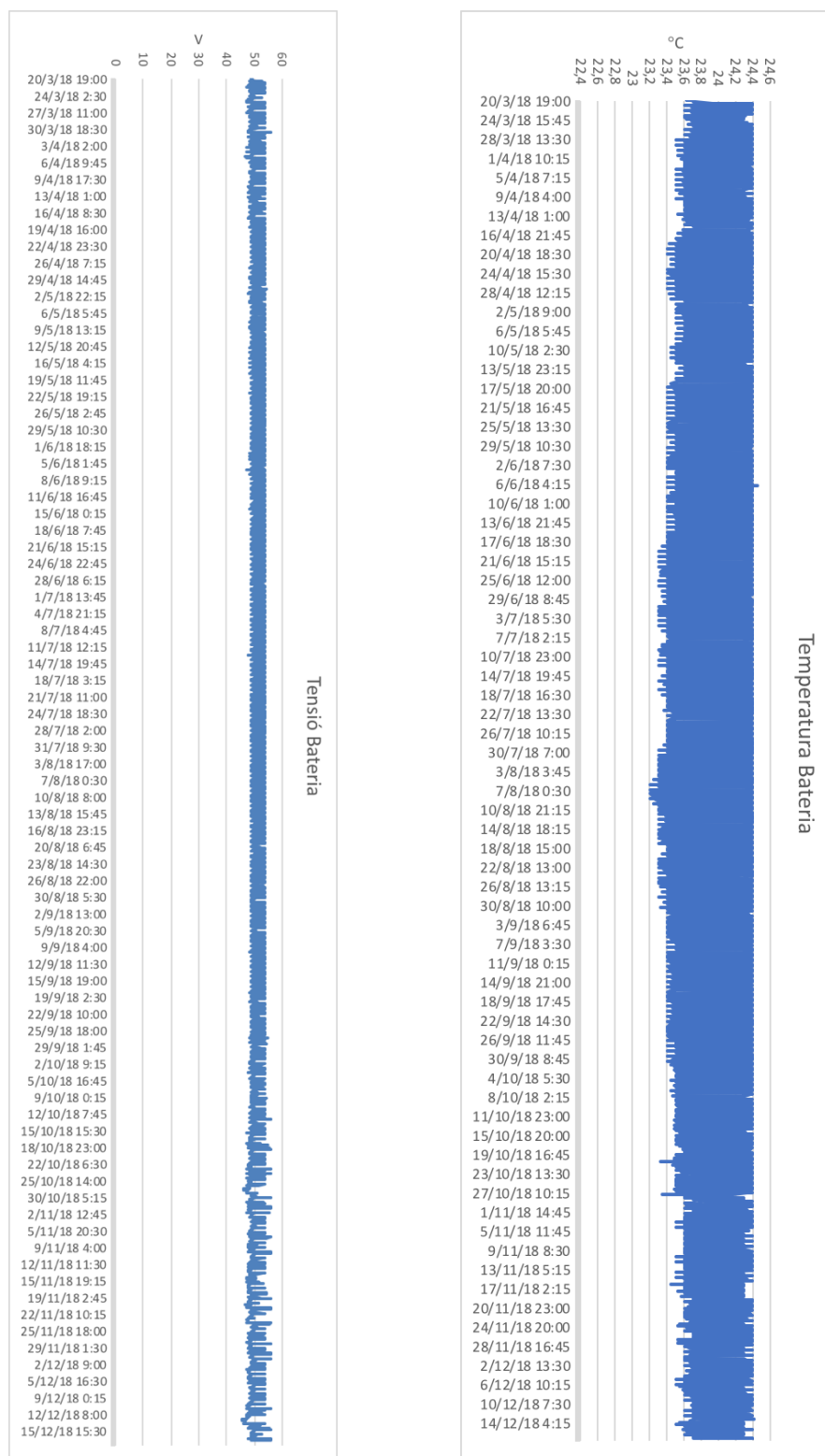


Conexiones

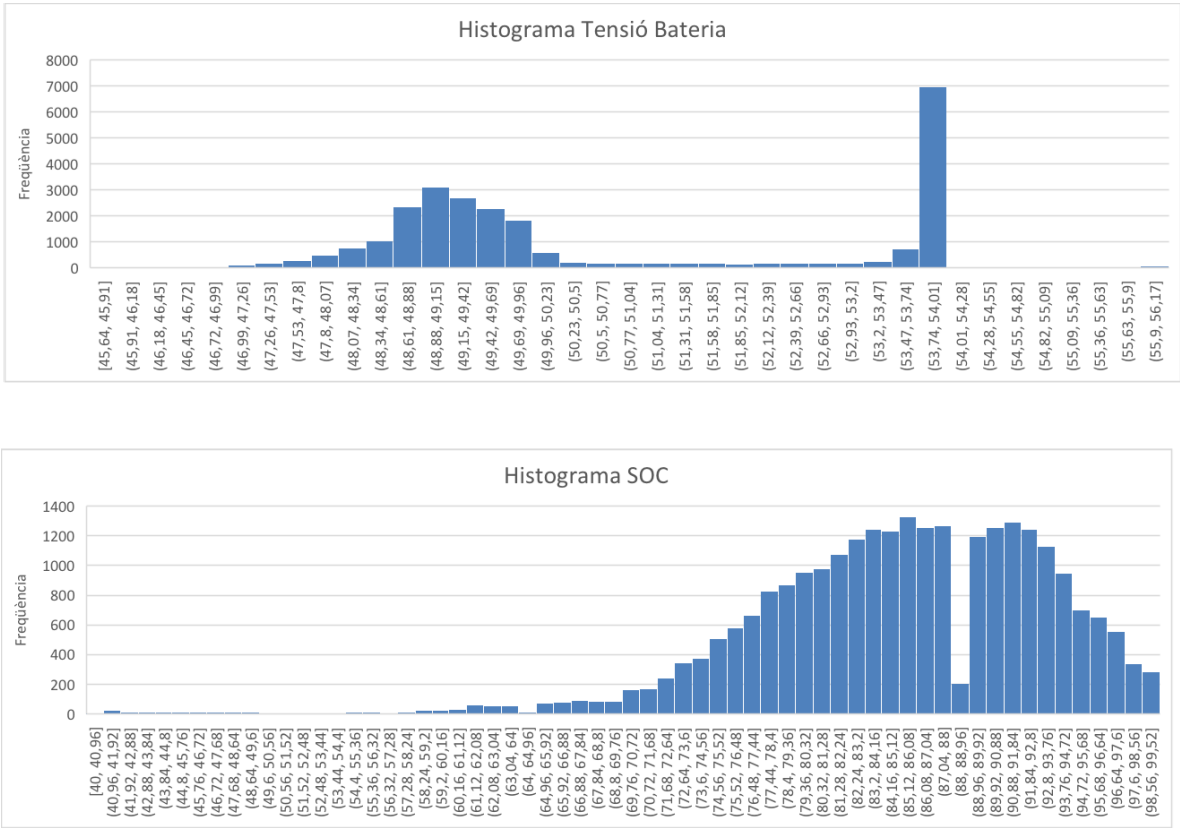


Annex B

Bateria

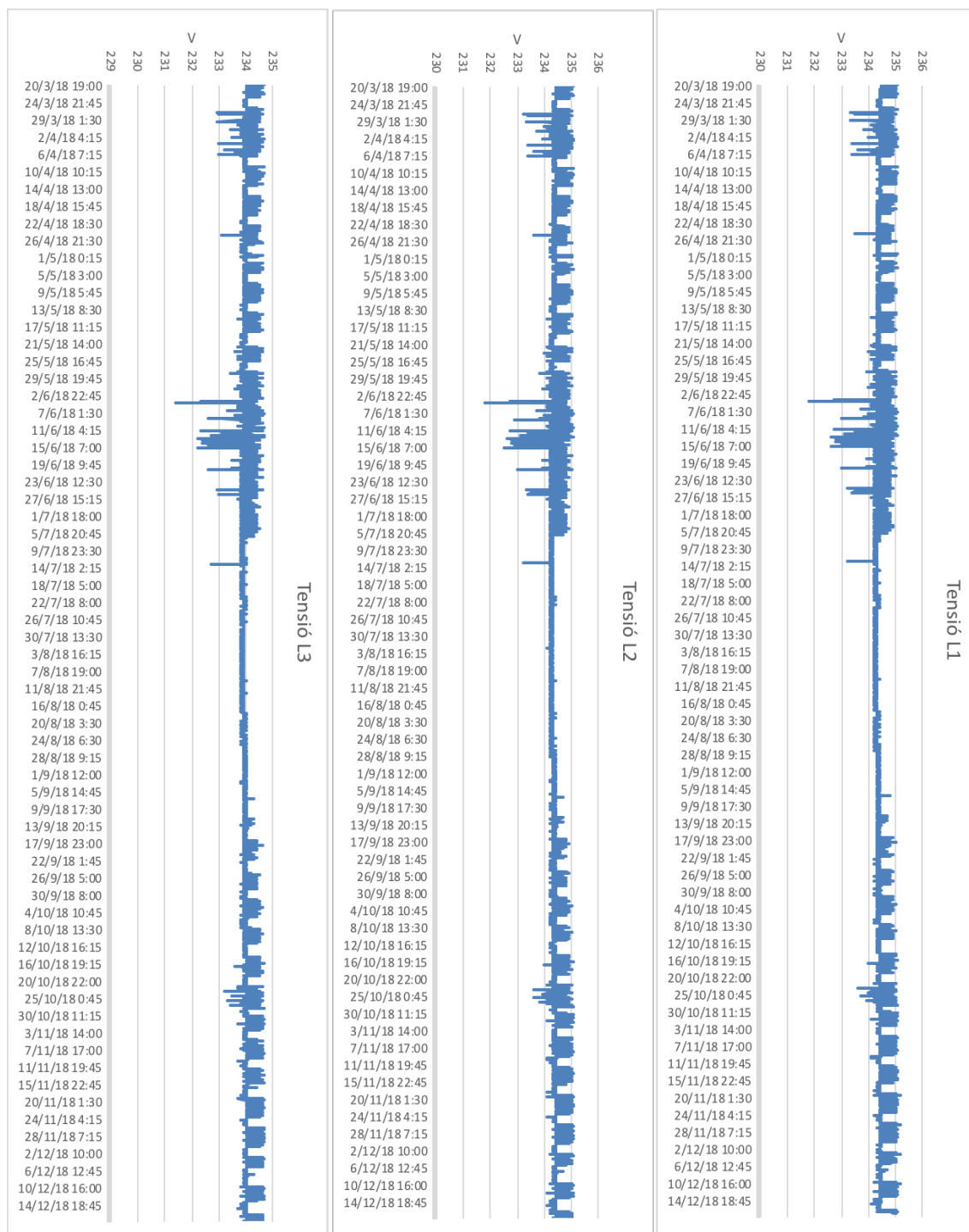


Gràfica B.1: Gràfica de la temperatura i la tensió de la bateria durant el 2018

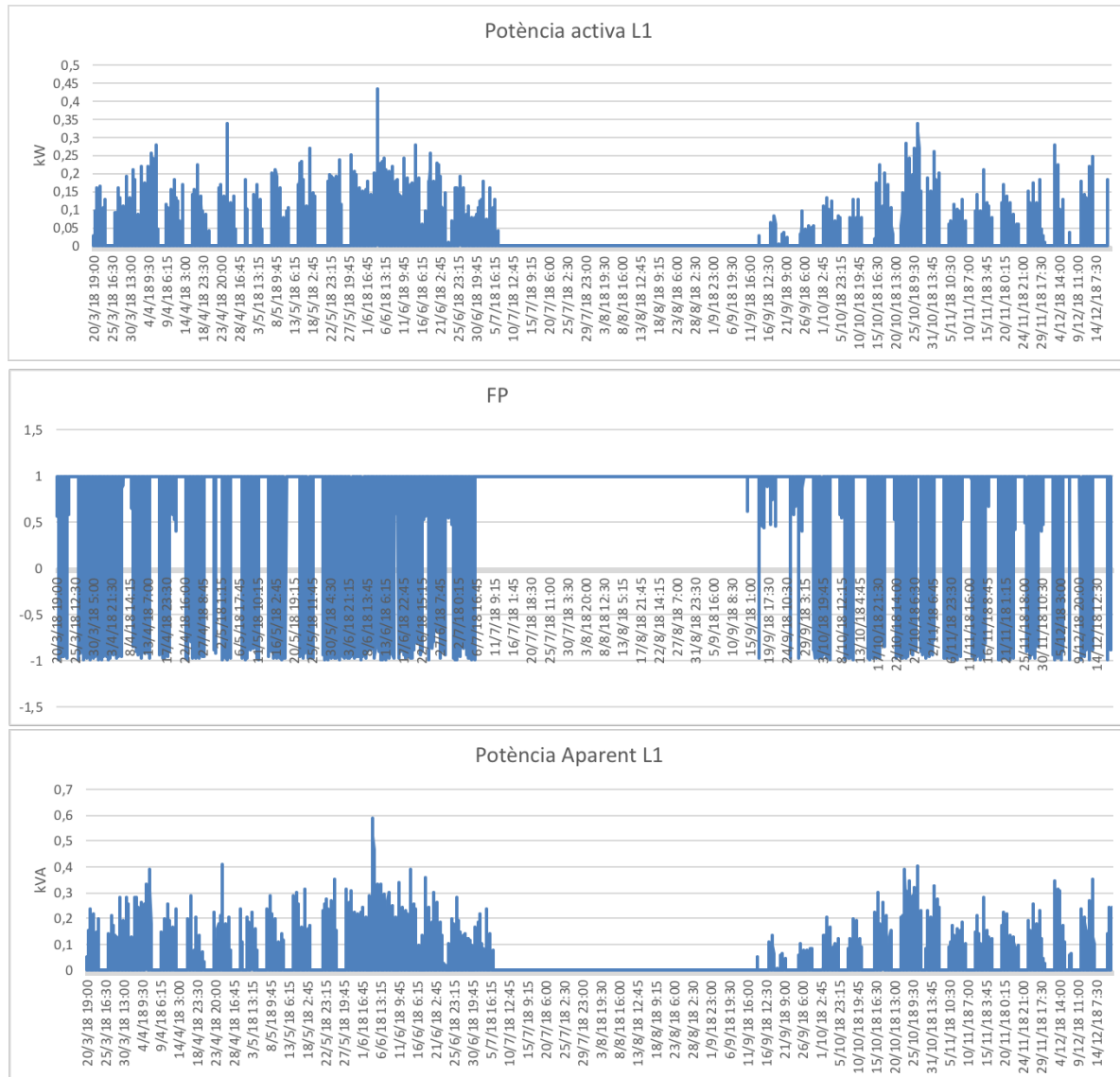


Gràfica B.2: Histogrames de la tensió i el SOC de la bateria

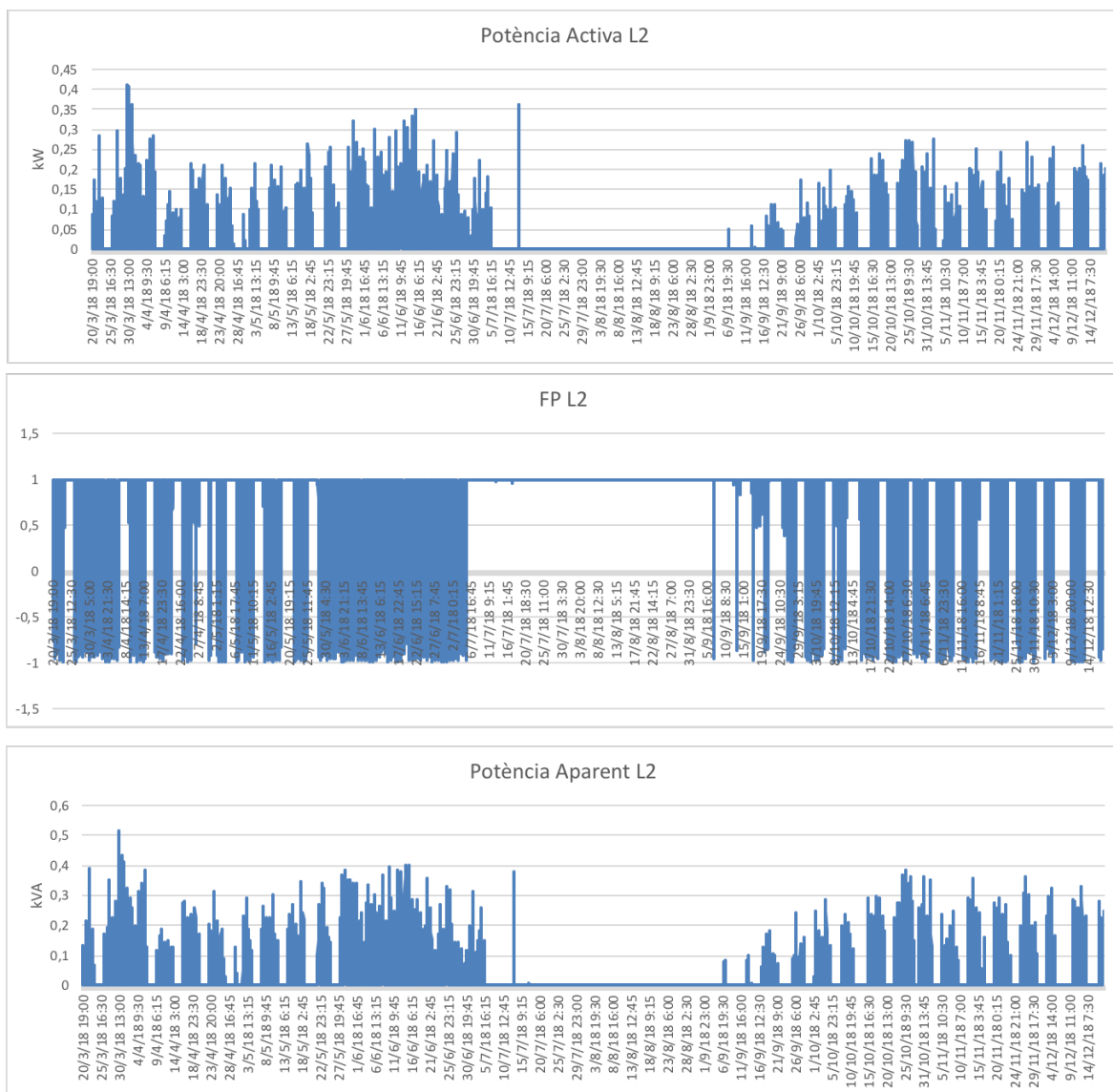
Consum de les línies



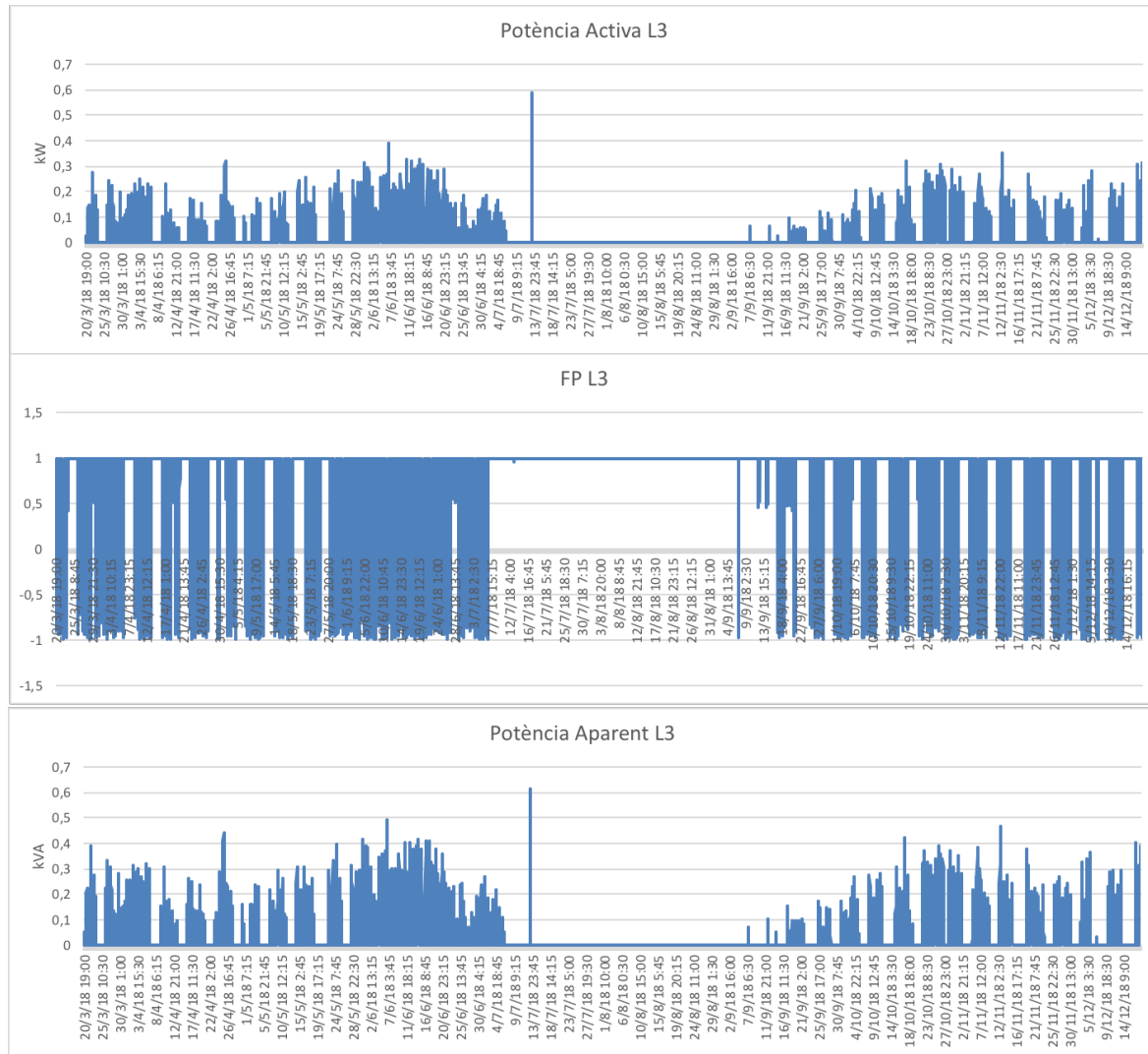
Gràfica B.3: Gràfica de les tensions de les tres línies durant el 2018



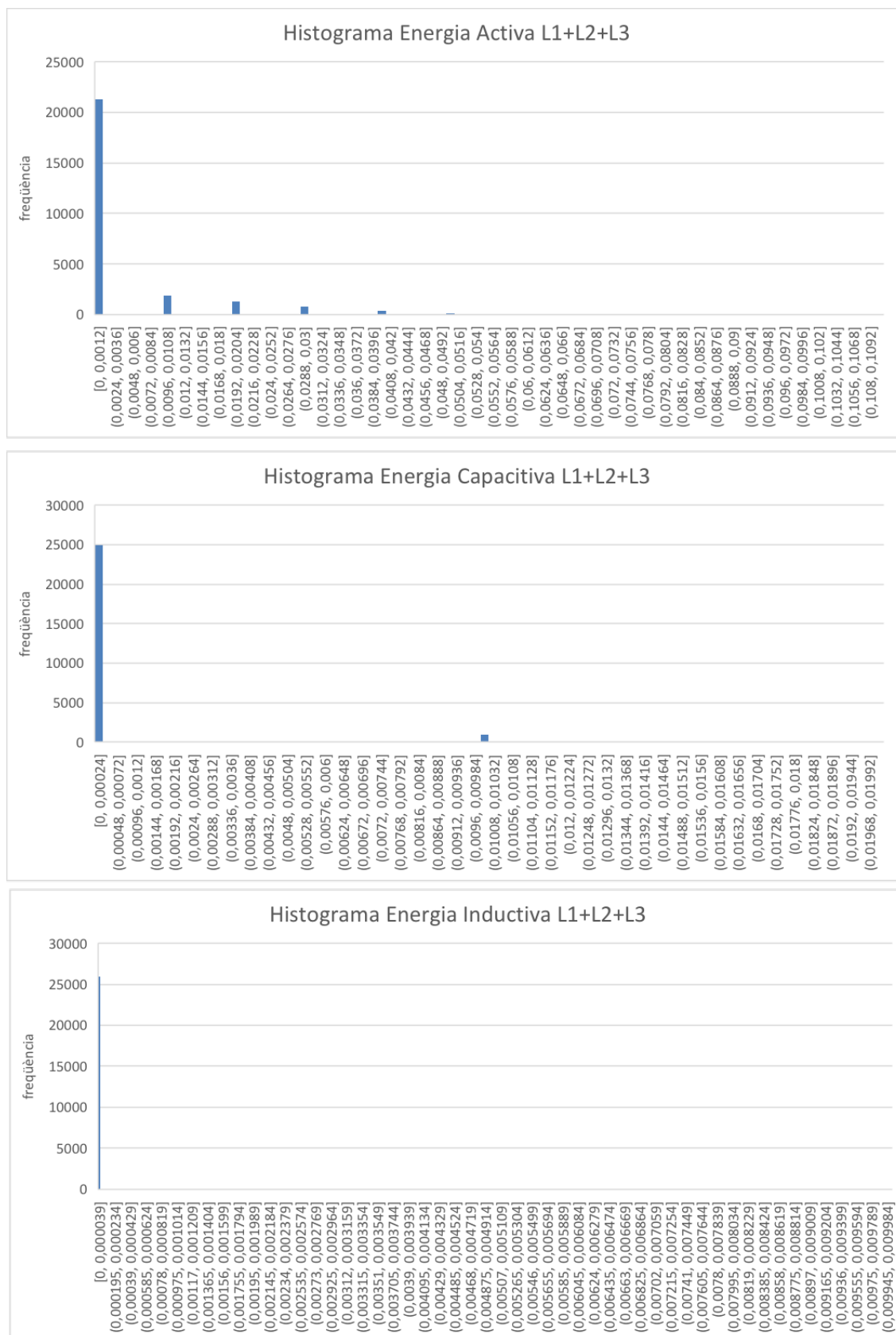
Gràfica B.4: Gràfica la potència activa, factor de potència i potència aparent de la línia 1 durant el 2018



Gràfica B.5: Gràfica la potència activa, factor de potència i potència aparent de la línia 2 durant el 2018



Gràfica B.6: Gràfica la potència activa, factor de potència i potència aparent de la línia 3 durant el 2018



Gràfica B.7: Histogrames de l'energia activa, capacitiva i inductiva del total de les 3 línies